

**Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова**

**Л.Н. Бельдеева**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

**Учебное пособие**

**Барнаул, 2000**

УДК 574(075.8)

Бельдеева Л.Н. Экологический мониторинг: Учебное пособие./АлтГТУ им. И.И.Ползунова.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999.- 122 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 320700 "Охрана окружающей природной среды". В пособии изложены сведения по организации систем экологического мониторинга, рассмотрены особенности мониторинга в связи с пространственными масштабами, природными средами и экосистемами, даются представления о современных методах экологического мониторинга.

Рецензенты - Зав. лабораторией водной экологии  
Института водных и экологических  
проблем СО РАН. к.б.н. Кириллов В.В.

Зав. кафедрой БЖД АлтГТУ,  
д.т.н., профессор Мироненко В.Ф.

доцент каф. БЖД АлтГТУ Лобанова З.М.

## Введение

В период научно-технической революции человечество столкнулось с нарастающим по масштабам и глубине разрушительным воздействием на природу своей хозяйственной и иной деятельностью. Это обстоятельство вызывает повышенный интерес к изучению экологических проблем, к выработке научно обоснованных мероприятий, направленных на оптимизацию отношений общества и природы.

Многие страны, особенно высоко развитые, осознали опасность экологической катастрофы и вкладывают значительные средства в повышение экологической безопасности своей промышленности, сельского и коммунального хозяйства. Однако ни одна из этих стран не достигла поставленной цели: характер воздействия высокотехнологичных экономик на окружающую среду меняется, но их общее воздействие ни в одном из случаев не уменьшается и часто становится еще более опасным. Население растет, вызывая рост потребления и необходимость количественного роста всех видов производств, что служит базой для нового импульса роста населения.

Современная фундаментальная наука не знает способов и технологий, которые смогли бы обеспечить дальнейший рост экономики для удовлетворения основных потребностей растущего населения без разрушения биосферы Земли. Более того, доказано, что целый ряд техногенных воздействий на биосферу провоцирует потерю ее устойчивости, провоцирует потерю равновесия сложившихся круговоротов вещества, энергии и информации, в результате чего может начаться вообще не зависящий от людей спонтанный процесс саморазрушения биосферы как саморегулируемой системы.

В условиях растущего антропогенного воздействия на природу остро встает не только вопрос борьбы за здоровье человека и сохранение природной среды, а уже более сложный вопрос о стратегии этой борьбы, об оптимальных возможностях использования ресурсов биосферы.

Для сохранения биологического ресурса биосферы должны быть научно определены режимы его использования, обеспечивающие сохранение высокого качества как биосферы в целом, так и всех ее экологических систем.

В такой ситуации особенно важна объективная информация о фактическом состоянии биосферы и прогнозы о ее будущем. В связи с этим возникла проблема организации специальных систем наблюдения, оценки и прогноза состояния природной среды в местах интенсивного антропогенного воздействия и в глобальном масштабе.

## **1. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

### **1.1. Характер естественных и антропогенных изменений в природе**

Состояние природной среды подвержено непрерывным изменениям. Эти изменения носят различный характер, различны по своей направленности и величине, неравномерно распределены в пространстве и во времени.

Естественные, природные изменения состояния биосферы обладают весьма важной особенностью - в экосистемах большого масштаба и осреднении в большом интервале времени изменения происходят, как правило, около некоторого среднего, относительно постоянного уровня состояния. В качестве примера можно привести относительное постоянство климатических характеристик крупных регионов, природного состава различных сред, характера круговорота веществ в природе, глобальной биологической продуктивности, состояния крупных экологических систем.

Эти средние значения могут существенно изменяться лишь в течение длительных интервалов времени (измеряемых многими тысячами лет). Исключения составляют изменения, вызванные стихийными бедствиями катастрофического характера (извержения вулканов, землетрясения, ураганы). Однако такие изменения носят относительно локальный характер.

Совсем другой особенностью обладают антропогенные изменения состояния природной среды, которые стали особенно значительными в последние десятилетия в связи с большой технической и энерговооруженностью человека. Антропогенные изменения приводят в отдельных случаях к резкому, быстрому изменению среднего состояния природной среды в данном регионе. Такие изменения могут быть подразделены на намеренные и

ненамеренные. К намеренным антропогенным изменениям состояния природной среды можно отнести существенные изменения, направленные на удовлетворение потребностей человеческого общества, - разработка сельскохозяйственных угодий, мелиорация земель, строительство городов и поселков. К ненамеренным, негативным изменениям состояния природной среды можно отнести обеднение крупных массивов земель, гибель или существенную трансформацию экосистем крупных озер, загрязнение Мирового океана нефтепродуктами.

Негативные результаты антропогенных воздействий, как правило, связаны с ошибками в технической политике, слабой изученностью эффектов антропогенного воздействия, использования природной среды в качестве рассеивателя вредных веществ и полигона их захоронения.

В сложившейся ситуации представляется чрезвычайно важной (как для незамедлительных практических действий, так и для планирования на длительную перспективу) организация контроля состояния природной среды, ее непрерывных изменений и определение тенденций в ее изменениях.

Контроль необходим как за естественными изменениями состояния окружающей природной среды, так и за изменениями, вызванными антропогенными воздействиями, накладывающимися на естественные изменения, а иногда и усиливаемые ими.

Контролем естественных изменений состояния природной среды уже многие годы занимаются различные геофизические службы - метеорологические, гидрологические, агрометеорологические, службы наблюдения за состоянием морей и океанов и другие.

В связи с необходимостью выявить антропогенные изменения состояния природной среды возникла потребность в организации системы мониторинга - специальной системы наблюдения и анализа состояния природной среды, в первую очередь загрязнений и эффектов, вызываемых ими в биосфере.

## **1.2. Роль международных организаций в создании системы экологического мониторинга**

Monitoring (англ.) - это слежение за каким-то объектом или явлением.

Экологический мониторинг - многоцелевая иерархическая система, включающая повторяющиеся наблюдения, оценку и прогноз антропогенных изменений состояния экосистем.

Термин "мониторинг" появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 5-16 июня 1972 г.). Первые предложения по поводу такой системы были разработаны экспертами специальной комиссии Научного комитета по охране окружающей среды в 1971 году.

Первое межправительственное совещание по мониторингу было создано в Найроби (Кения, февраль 1974 г.) на котором были изложены основные положения и цели программы глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). На совещании был определен список приоритетных загрязнителей для их учета при организации мониторинга, было решено также установить контроль за параметрами, необходимыми для интерпретации результатов измерения загрязнений. Совещание высказалось за то, чтобы международное сотрудничество по организации глобального мониторинга строилось на основе существующих национальных и международных систем.

Следует отметить, что система мониторинга антропогенных изменений природной среды не является какой-то новой системой, которая требует организации новых наблюдательных станций, линий телекоммуникаций, центров обработки данных и т.д. Она входит составной частью в универсальную систему наблюдений и контроля состояния природной среды, систему уже достаточно развитую во многих странах.

В каждой стране система комплексного мониторинга базируется на существующих системах наблюдения, нередко отражающих в какой-то мере организационную структуру управления хозяйством в данной стране, однако важнейшие черты мониторинга в различных странах должны быть одинаковыми, должна быть единой концепция мониторинга, включая осуществление наблюдений, оценку и прогноз состояния природной среды, унификацию измерений, единое

определение приоритетности при наблюдениях, критерии оценки состояния природной среды.

### **1.3. Основные цели и задачи экологического мониторинга**

Целью современного экологического мониторинга является создание основы для защиты окружающей среды и содействие формированию высоко продуктивной системы "человек-природа".

Основными задачами системы мониторинга являются:

- 1) наблюдение за факторами, воздействующими на окружающую природную среду, и за состоянием среды;
- 2) оценку фактического состояния природной среды;
- 3) прогноз состояния окружающей природной среды и оценку этого состояния.

Выполнение этих задач позволяет исполнительным органам получать информацию, необходимую для:

- планирования мероприятий по снижению загрязнения, выделения приоритетных сфер деятельности, контроля и оценки эффективности осуществления природоохранных мер;
- разработки временных мер по сокращению загрязнения в тех районах, где оно достигло опасного уровня;
- проверки соблюдения норм и стандартов качества природного объекта;
- получения данных для проведения научных исследований, в частности, изучения влияния загрязняющих веществ на здоровье человека;
- введения соответствующих законодательных актов.

При организации систем мониторинга очень важным является экономический аспект: мониторинг ради самого мониторинга не имеет смысла, поэтому основное значение должно придаваться мониторингу, способному продемонстрировать, в какой степени удовлетворяются цели политики защиты окружающей среды.

До недавнего времени в мире господствовала политика экологической безопасности, основанная на следующих положениях:

- воздействие техногенных факторов опасности на организм человека имеет пороговый характер, т.е. биологический эффект от воздействия проявляется в организме только при концентрациях токсичных и радиоактивных веществ в окружающей среде, превышающих ПДК;

- человек является наиболее чувствительным к опасностям объектом в биосфере и поэтому, если защищен человек, защищена природная среда.

При таких подходах мониторинг состояния окружающей среды является больше контролирующим мероприятием, поскольку для реализации такой политики, как правило, достаточно органов технологического контроля на предприятиях и служб здравоохранения.

В последние годы показано, что такая политика неоправдана. Малые концентрации многих веществ, особенно в определенных сочетаниях, могут вызвать гораздо большие нарушения, чем большие концентрации. А человек является не самым чувствительным элементом биосферы. Работы последних лет показали, что гигиенические нормы ПДК недостаточны и в большинстве случаев превышены, так как они не обеспечивают сохранение и выживание многих видов живых организмов (лишайники, хвойные породы деревьев и др.).

#### **1.4. Классификация систем мониторинга антропогенных изменений состояния природной среды**

Системы мониторинга традиционно разбиваются на подсистемы по средам и территориям.

Комплексный мониторинг проводится повсеместно в целях объединения ряда программ различных типов мониторинга для всесторонней оценки некоторых проблем загрязнения окружающей среды:

- 1) глобальных, т.е. воздействующих на большую часть земной поверхности; примером может служить эффект выделения углекислого газа и хлорфторуглеродов;
- 2) региональных, т.е. воздействующих на соседние группы стран, например трансграничный перенос загрязняющих веществ по воздуху и рекам, загрязнение морей, вырождение тропических лесов;

локальных, т.е. относящихся к сравнительно небольшой территории, хотя, возможно, встречающихся во многих местах. В качестве примера можно привести загрязнение воздуха в городских условиях,

загрязнение питьевой воды, загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и исчезновение почвенного слоя.

В соответствии с этим система мониторинга может охватывать как локальные районы, так и земной шар в целом (глобальный или фоновый мониторинг). Основной особенностью системы глобального мониторинга является возможность на основании данных этой системы оценить состояния биосферы в глобальном масштабе.

Национальным мониторингом обычно называют систему мониторинга в рамках одного государства; такая система отличается от глобального мониторинга не только масштабами, но и тем, что основной задачей национального мониторинга является получение информации и оценка состояния окружающей среды в национальных интересах. Так, повышение уровня загрязнения атмосферы в отдельных городах или промышленных районах может и не иметь существенного значения для оценки состояния биосферы в глобальном масштабе, но представляется важным вопросом для принятия мер в данном районе, мер на национальном уровне.

Иногда системы мониторинга, используемые в интересах нескольких государств, называют многонациональным или международным мониторингом. Часто такие системы используются при рассмотрении вопросов переноса загрязнений между государствами.

Импактный, или локальный мониторинг осуществляется в районах высокого уровня антропогенного воздействия в локальном масштабе.

Системы мониторинга также могут быть классифицированы по объектам наблюдения и по методам ведения наблюдений.

Основные из существующих видов и характеристика систем мониторинга представлены в таблице 1/8/.

Таблица 1  
Виды мониторинга и их характеристика

Класс	Вид	Назначение
По масштабам обобщения инфор	Глобальный	Слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли, включая все экологические компоненты. Предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях.

Класс	Вид	Назначение
	Национальный	Слежение за процессами и явлениями в пределах страны, включая все экологические компоненты. Сбор и анализ информации, прогнозирование состояния окружающей среды и предупреждение о возможных экстремальных ситуациях
	Региональный	Слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться по природному характеру от базового фона, характерного для биосферы
	Локальный	Слежение за антропогенными воздействиями на локальном уровне
По методам ведения	Биологический	Мониторинг с помощью биоиндикаторов
	Авиационный	Осуществляется с самолетов, вертолетов и др. летательных аппаратов в пределах тропосферы
	Космический	Мониторинг с помощью космических средств наблюдения
	Дистанционный	Совокупность авиационного и космического мониторинга. Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли, показания которых передаются с помощью дальней

передачи информации (по радио, через спутники, по компьютерным сетям)

Продолжение таблицы 1

Класс	Вид	Назначение
По объектам наблюдения	Мониторинг окружающей среды и ее объектов: -атмосф. - гидросф. - литосф.	Слежение за состоянием окружающей среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов
	Биологический	Слежение за биологическими объектами, на личием видов, их состоянием, появлением случайных ингредиентов и т.д.

Итак, мониторинг является многоцелевой информационной системой. Его основные задачи: наблюдение за состоянием биосферы, оценка и прогноз ее состояния; определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду, выявление факторов и источников такого воздействия, а также степени их воздействия.

### 1.5. Универсальная схема системы мониторинга

Рассмотрим универсальную схему информационной системы контроля состояния природной среды, пригодную как для системы в целом, так и для любой геофизической службы, входящей в эту систему (гидрометеорологической службы или системы наблюдений загрязнений - мониторинга загрязнений или мониторинга антропогенных изменений в биосфере).

Наиболее универсальным подходом к определению структуры системы мониторинга антропогенных изменений природной среды является его разделение на блоки: "Наблюдения", "Оценка фактического состояния", "Прогноз состояния", "Оценка

прогнозируемого состояния". Существующие геофизические службы строились по такой же схеме (рис.1).

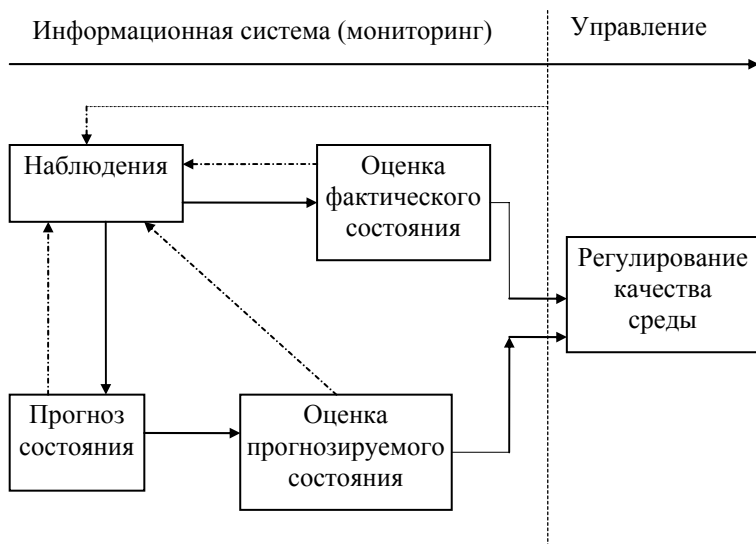


Рис.1 Блок-схема системы мониторинга /11/

Блоки "Наблюдения" и "Прогноз" тесно связаны между собой, так как прогноз состояния окружающей среды возможен лишь при наличии достаточно репрезентативной информации о фактическом состоянии.

С другой стороны, направленность прогноза в значительной степени должна определять структуру и состав наблюдательной сети.

Данные, характеризующие состояние природной среды, полученные в результате наблюдений или прогноза, должны оцениваться в зависимости от того, в какой области человеческой деятельности они используются (с помощью специально выбранных или выработанных критериев). Оценка подразумевает, с одной стороны, определение ущерба от воздействия, с другой - выбор оптимальных условий человеческой деятельности, определение существующий экологических резервов. При такого рода оценках подразумевается знание допустимых нагрузок на окружающую природную среду.

Система экологического мониторинга является необходимым условием для правильной организации управления качеством окружающей природной среды.

### *1.5.1. Наблюдения в системе мониторинга*

Наблюдения за изменениями состояния окружающей природной среды, источниками и факторами воздействия должны включать в себя:

1. Наблюдения за локальными источниками воздействия и факторами воздействий.

Такие источники могут быть природными (извержения вулканов, самопроизвольный выход газов, нефти и т.д.) и антропогенными (выбросы промышленных предприятий; сельскохозяйственные источники - животноводческие фермы и поля после внесения химических удобрений и средств борьбы с вредителями растений; воздушный, водный и наземный транспорт, коммунальные источники загрязнений и т.д.).

2. Наблюдения за состоянием среды, характеризуемым геофизическими, физико-географическими и геохимическими данными, данными о составе и характере загрязнений.

Физико-географические данные, включая данные о распределении суши и воды, рельефе поверхности земного шара, природных ресурсах (минеральных, земельных, растительных, водных, ресурсах фауны), народонаселении, урбанизации и др., представляют важнейшую информацию о состоянии природной среды.

Наблюдения за состоянием среды (и изменением этого состояния), характеризуемым геохимическими данными, включают наблюдения за круговоротом веществ в природе, за составом инородных примесей в биосфере (в том числе радиоактивных веществ), за различными специфическими физическими характеристиками среды, включая наблюдения за шумовым, тепловым и загрязнениями, различными излучениями (ионизирующими и неионизирующими).

Наблюдения за химическим составом атмосферы, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почвы, донных отложений, растительности, животных и наблюдения за основными путями распространения загрязнений чаще всего относят к первостепенным по важности в системе мониторинга, так как

подобные загрязнения могут явиться источниками загрязнения других сред.

3. Наблюдения за реакцией биоты на воздействие различных факторов и изменение состояния окружающей среды. К этим наблюдениям относятся наблюдения за откликом ( обратимые изменения) и последствиями (необратимые изменения) биоты.

Возможны наблюдения по функциональным и структурным биологическим признакам. К числу функциональных признаков можно отнести, например, прирост биомассы в единицу времени, скорость поглощения различных веществ растениями и животными; к числу структурных - численность видов растений и животных, общую биомассу. Эти наблюдения должны быть организованы на различных уровнях - отдельного организма и популяции, сообщества и экосистемы.

Особое место в природе занимает человек. Наблюдения за реакцией человеческого организма на различные воздействия должно быть выделено в отдельный раздел ввиду его важности и специфичности. Мониторинг факторов, связанных со здоровьем человека, включает также наблюдения и оценку условий среды, влияющих на здоровье человека, распространение различных заболеваний и т.д.

4. Наблюдение за реакцией крупных систем (погоды, климата и биосферы в целом) на комплекс воздействий и изменения состояния природной среды.

Включает всю систему наблюдений, перечисленных в пунктах 2 и 3, наблюдений за состоянием климатической системы и требуют специальных обобщений и оценок.

Наблюдения, построенные по определенной системе для выполнения задач, изложенных выше, могут осуществляться по физическим, химическим и биологическим показателям. Для определения динамики состояния биосферы измерения должны повторяться через определенные интервалы времени, а по важнейшим показателям должны быть непрерывными.

Система наблюдений может быть построена на основе точечных измерений (на станциях), включая дистанционные наблюдения, или на основе площадных съемок и получения интегральных показателей, возможно и целесообразно комбинированное использование этих принципов. Данные площадных съемок и интегральных показателей должны играть весьма существенную роль в системе мониторинга.

Важная роль при организации наблюдений должна быть отведена использованию авиационных и спутниковых средств и методов.

При рассмотрении и анализе результатов важно выделить изменения состояния среды, реакцию биоты на эти изменения, происходящие вследствие антропогенного воздействия. Для этого важно знать первоначальное состояние среды, т.е. состояние до существенного влияния человека. Это первоначальное состояние можно частично восстановить по результатам наблюдений, ведущихся длительное время, а также по данным анализа состава донных отложений, ледниковых слоев, древесных колец, относящихся к периоду, предшествующему началу заметного влияния человека на окружающую среду.

При изучении антропогенного влияния на биосферу следует определить общемировое, глобальное фоновое состояние биосферы в настоящее время в местах, удаленных от локальных источников воздействия (загрязнения), и фоновое состояние, характерное для каждого региона и района.

Для комплексного мониторинга требуются различные группы данных:

- 1) эмиссии или выбросы загрязняющих веществ;
- 2) концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде;
- 3) концентрации загрязняющих веществ в объектах исследования;
- 4) состояние объектов исследования, в том числе возникновение заболеваний, колебание численности популяций, структурные нарушения.

### *1.5.2. Определение приоритетов при организации систем мониторинга.*

#### *Приоритетные загрязнители*

При осуществлении мониторинга состояния биосферы необходима организация достаточно представительной сети наблюдений (измерений) наиболее важных факторов воздействия, показателей состояния среды. В зависимости от конкретной задачи мониторинга эти факторы и показатели могут быть различными.

С одной стороны, это наблюдения за состоянием биосферы, оценка и прогноз ее состояния вызванные антропогенным

воздействием; с другой стороны, это определение степени такого воздействия (с выявлением антропогенных эффектов) и выявление источников и факторов воздействия.

Исходя из этих задач, необходимо прежде всего определить факторы, ведущие к наиболее серьезным, долговременным изменениям в окружающей среде (и источники таких воздействий), а также выявлять элементы биосферы, наиболее подверженные воздействию (или критические, ключевые элементы, повреждение которых может вести к разрушению экосистем.

Поскольку организация наблюдения за изменением всех параметров громоздка и весьма затруднительна, необходимо выявить наиболее значимые факторы, которые в основном определяют степень воздействия на окружающую среду.

Необходимо отметить, что определение приоритетов для подсистем мониторинга при решении различных задач может привести к разным результатам для одного и того же фактора воздействия. Так, с одной стороны, ущерб от увеличения содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере для какой-либо экосистемы незначителен, а во многих случаях увеличение  $\text{CO}_2$  даже полезно - оно ведет к увеличению продуктивности растений. С другой стороны, при рассмотрении возможного влияния на крупные системы, например, климат нашей планеты, накопление  $\text{CO}_2$  ведет к увеличению парникового эффекта и возможным изменениям климата с различными отрицательными последствиями для биосферы.

Так, если говорить о территориях, то высший приоритет должен быть отдан городам, а также зонам, из которых вода используется для питья, и местам нерестилищ рыб; по средам - атмосферному воздуху и воде пресноводных водоемов (в первую очередь малопроточных); по ингредиентам: для воздуха - пыли, двуокиси серы, тяжелым металлам (ртуть), окиси углерода, окислам азота, бенз(а)пирену и пестицидам; для воды - биогенным продуктам, нефтепродуктам, фенолам; по источникам загрязнений (в городах) - автомобильному транспорту, тепловым электростанциям, предприятиям цветной металлургии и т.д.

Существует несколько методик определения приоритетов при организации мониторинга.

В качестве критериев, по которым может быть определена приоритетность для мониторинга загрязнений могут быть использованы следующие свойства загрязнителей:

1. Размер фактического или потенциально возможного влияния на здоровье и благополучие человека, на климат или экосистемы.
2. Склонность к накоплению в пищевых цепочках.
3. Возможность химической трансформации в физических и биологических системах, в результате чего образовавшиеся вещества (вторичные загрязнители) могут оказаться более токсичными или вредными.
4. Мобильность или подвижность.
5. Частота и (или) величина воздействия.

Таким образом определены приоритетные загрязнители, представленные в таблице 2 /11/:

Главная трудность при анализе объектов окружающей среды состоит в том, что такие объекты представляют собой сложные многокомпонентные гетерогенные системы. Определение индивидуальных компонентов требует дорогостоящих и долговременных методов анализа. На практике, часто бывает достаточно информации, полученной путем определения обобщенных показателей.

Таблица 2

Классификация приоритетных загрязнителей по классам приоритетности /11/:

Класс приоритетности	Загрязнитель	Среда	Тип программы измерения
1	Двуокись серы Взвешенные частицы Радионуклиды $^{90}\text{Sr}+$ , $^{137}\text{Cs}+$	Воздух	И,Р,Б*
		Пища	
2	Озон ДДТ и др. хлорорганические соединения Кадмий и его соединения	Воздух	И,Б
		Биота, человек	И,Р
		Пища, человек, вода	И
3	Нитраты, нитриты Окислы азота	Питьевая вода, пища	И
		Воздух	И
4	Ртуть и ее соединения Свинец Двуокись углерода	Пища, вода	И,Р
		Воздух, пища	И
		Воздух	Б

5	Оксид углерода Нефтепродукты	Воздух Морская вода	И Р,Б
---	---------------------------------	------------------------	----------

Продолжение таблицы 2

Класс приоритетности	Загрязнитель	Среда	Тип программы измерения
6	Фториды	Свежая вода	И
7	Асбест Мышьяк	Воздух Питьевая вода	И И
8	Микротоксины Микробиологическое заражение Реактивные углеводороды	Пища Воздух	И,Р И

\* И- импактный, Б- базовый (глобальный), Р- региональный

Для мониторинга загрязнителей, измерение которых затруднено, рекомендуется измерение следующих величин:

- 1) индикаторов качества воды: коли-бактерии, БПК<sub>5</sub>, ХПК, сине-зеленые водоросли, их первичная продуктивность;
- 2) индикаторов качества почвы (соленость, отношение кислотности и щелочности, содержание нитритов и органического азота, содержание почвенных органических веществ);
- 3) индикаторов здоровья человека и животных, индикаторов поражения растений (случаи заболеваний, генетические последствия);
- 4) растительных индикаторов загрязнений.

### *1.5.3. Оценка антропогенных изменений состояния биосферы*

Оценка изменений и тенденций изменений состояния окружающей среды должна дать ответ на вопрос о неблагополучии положения, указать, чем именно обусловлено такое состояние, помочь определить действия, направленные на восстановление или

нормализацию положения, или, наоборот, указать на особо благоприятные ситуации (кратковременные или долговременные), наличие природных возможностей, что позволит эффективно использовать имеющиеся экологические резервы природы в интересах человека.

Таким образом, для оценки состояния окружающей природной среды с учетом изменений антропогенного характера необходимо определить возможный ущерб от естественного и антропогенного воздействия, и экологический резерв данной экосистемы. Для этого нужно знать величину предельно допустимых нагрузок на среду.

Можно условно различить ущерб экологический, экономический и эстетический.

Экологический ущерб прямым образом зависит от степени воздействия различных факторов на биосферу; экономический и эстетический ущербы в значительной степени связаны с экологическим.

Экологический ущерб от какого-либо воздействия определяется величиной отклонения от некоторого состояния (характеризующего границу допустимого) экосистемы, сообщества, популяции под влиянием данного воздействия.

Неблагоприятные явления могут наступить уже при небольшой степени отклонения состояния от оптимального, но с различной вероятностью - с тем большей, чем больше отклонение; при переходе через критический уровень - с очень большой вероятностью (за критический уровень можно принять 50%-ную или 100%-ную вероятность появления необходимых изменений).

Экологический ущерб связан с таким отклонением, которое наносит обратимый или необратимый ущерб экосистеме; в этом случае признаком экологического ущерба являются возможные сбои, изменения на популяционном уровне, уровне сообщества.

Разница между фактическим и предельно допустимым (а иногда и критическим) состоянием экосистемы может быть названа экологическим резервом экосистемы.

При оценке состояния окружающей среды и возможного экологического ущерба очень важным является выбор критериев допустимости воздействия, критериев качества окружающей среды и критериев допустимости интенсивности источника воздействия при существующих реальных условиях.

В частности могут быть использованы предельно допустимые концентрации (ПДК) для оценки допустимого количества воздействующего вещества в среде, предельно допустимые дозы для оценки допустимого эффекта воздействия, предельно допустимые выбросы (ПДВ) для оценки допустимой интенсивности источника загрязнений и предельно допустимые нагрузки (ПДЭН) для оценки допустимой экологической нагрузки на отдельную экосистему или в рамках всего региона. В последнем случае можно условно говорить о ПДЭН для данного региона в целом.

Для выработки ПДЭН должны учитываться возможности комбинированного и комплексного воздействия на экосистему. Например, ртуть, попадая в водные объекты путем вымывания из почвы, переходит в высокотоксичную форму, что делает проблему загрязнения ртутью чрезвычайно серьезной даже при первичных количествах ртути в воздухе в пределах ПДК.

Выработка ПДЭН должна опираться на понятие устойчивости экосистемы или критичности состояния экосистемы или отдельных ее звеньев и уровней.

Устойчивость экосистем определяется через различные функциональные характеристики:

- способность сопротивляться внешним воздействиям;
- способность к самоочищению от продуктов техногенеза;
- способность к самовосстановлению после снятия нагрузки.

Наиболее сложной является оценка эстетического ущерба. Естественно, об эстетическом ущербе можно говорить только по отношению к восприятию окружающей природной среды человеком. Ущерб, связанный с изменением привычной обстановки, ландшафта для животных, относится к экологическому ущербу.

Количественная связь эстетического ущерба с экономическим ущербом может быть установлена, например, в том случае, когда можно определить ущерб от уменьшения потока туристов, вызванного ухудшением эстетической ценности природной среды (так называемый рекреационный ущерб), либо в случае оценки ухудшения здоровья людей, вызванного отказом от поездок для отдыха, или ухудшением условий отдыха.

Однако, очевидно, что понятие "эстетический ущерб" более широкое и выходит за пределы этих случаев; так, уменьшение эстетической ценности уникальных и заповедных экосистем не

поддается никакой экономической оценке, в некоторых случаях можно считать, что экономический ущерб невосполним.

#### *1.5.4. Методы оценки состояния окружающей среды*

Основными методами, применяемыми для оценки, прогнозирования и нормирования состояния экосистем, являются методы традиционного математического моделирования и методы ландшафтно-экологического подхода.

Большое количество разработанных динамических моделей, зачастую очень сложных и многокомпонентных, описывающих функционирование экологических систем и их отдельные компоненты, оказались практически совершенно невостребованными при решении практических задач. В настоящее время математические модели разработаны для преимущественно простых, а также в основном биологических, а не географических объектов и явлений, состояние которых определяется на сравнительно небольшой срок.

#### *1.5.5. Ландшафтно-экологический подход в оценке состояния окружающей среды*

Объединяющую роль в познании структурной организации биосферы играет ландшафтный подход. Ландшафты - это территориальные системы любого ранга, структура и функционирование которых определяются взаимодействием биосферных и геосферных потоков вещества и энергии на поверхности Земли. Изменение одних параметров этих систем, как правило, сопровождается изменением целого ряда других.

Антропогенная составляющая этих изменений может быть выявлена только с учетом состояния современных ландшафтов как сложных антропогенно-природных систем, включающих в себя более частные потоки, циклы и подсистемы (эрозия, почвообразование, биосистемы и т.д.).

Методы ландшафтно-экологического подхода являются пока преимущественно качественными, использующими ландшафтные карты и материалы аэро- и космической фотосъемки, хотя уже и с

привлечением некоторых количественных методов статистической оценки и моделирования. Практические результаты ландшафтно-экологических исследований представляются в виде карт. Несомненным достоинством экологического картирования является использование комплексного подхода к решению конкретных задач на качественном уровне. Однако и процедура принятия решений в этом случае носит качественный характер, и достоверность прогнозных оценок воздействий на окружающую среду в каждом конкретном случае требует подтверждений по результатам дополнительных исследований.

Возможности построения и использования карт для целей оценки и прогнозирования состояния окружающей среды неизмеримо расширились с появлением геоинформационных систем (ГИС).

ГИС - это системы, способные реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение и распространение данных.

ГИС разнообразны по видам, структуре, реализуемым функциям и т.д. Обычно они состоят из баз экологических данных, сведений о их территориальной и временной привязке, источнике поступления, достоверности и систем управления базами данных. Эти системы представляют собой совокупность программных и технических средств, обеспечивающих функционирование ГИС. ГИС предоставляют возможность ввода данных, их накопления и обновления, обеспечивают разнообразную выдачу материалов потребителю: в виде таблиц, сводок, выборки, схем и карт.

Для обеспечения экологических программ могут использоваться ГИС и экологические карты глобального, континентального и локального уровней. Глобальные ГИС создаются, как правило, в рамках международных организаций, работающих по проблемам окружающей среды, таких как ЮНЕП. Примером такой ГИС является Глобальный ресурсный информационный банк данных (GIRD), созданный в ЮНЕП.

#### *1.5.6. Система индикаторов/индексов качества окружающей среды*

Для слежения за состоянием и динамикой изменений окружающей среды в первую очередь важно знать критерии

изменения общей структурно-функциональной организации экосистем. При этом изменение отдельного признака в процессе адаптации в определенном диапазоне будет носить обратимый компенсаторный характер, а при выходе адаптационных изменений за пределы компенсаторного диапазона наступают необратимые деструктивные изменения, которые накапливаясь, могут привести к гибели экологической системы. Поэтому при изучении поведения системы в процессе адаптации неизбежно встает вопрос о поиске интегральных индикаторов структурно-функционального состояния системы.

В связи с ограниченными на сегодняшний день возможностями оценки состояния экологических систем по количественным показателям на современном этапе развития биомониторинга перспективными являются сравнительные системы оценок.

Наибольшее развитие сравнительные методы для решения задач оценки состояния окружающей среды и прогнозирования воздействия получили в США под общим названием "индикаторы/индексы качества окружающей среды".

Система индикаторов начала разрабатываться в США в начале 70-х годов.

Индекс - это величина, являющаяся мерой состояния и изменений главных физических, химических и биологических компонент окружающей среды на национальном, региональном и глобальном уровнях и позволяющая оценить воздействие этих изменений на благосостояние человека и естественных экосистем.

Для каждого рассматриваемого компонента окружающей среды разрабатывается индекс качества, отражающий его состояние. При агрегировании частных индексов в обобщенный каждому из них присваивается вес, соответствующий важности компонента.

Различные системы индексов характеризуют различные аспекты состояния окружающей среды, поэтому очевидно, что для ученых, администраторов, лиц, формирующих общественное мнение, или политических деятелей необходимо разрабатывать разные системы индексов.

Требования к индикаторам/индексам качества окружающей среды

Среди многочисленных требований можно выделить некоторые базовые, которым должны удовлетворять любые множества индексов:

1. Общность. Желательно, чтобы индексы, разрабатываемые в разных странах, были сопоставимы друг с другом.

2. Легкость интерпретации. Индексы должны быть максимально легко объяснимыми. В частности, интерпретация индексов не должна требовать использования специальных знаний из различных фундаментальных дисциплин.

3. Уместность. Ряды статистических данных, применяемых для измерения, должны обеспечивать информацию об условиях действия источника или о состоянии качества окружающей среды, которое вызывает беспокойство.

4. Чувствительность. Индикатор должен правильно реагировать на изменение состояния окружающей среды или измеряемого процесса и отражать момент перехода от нормы к пороговому состоянию.

5. Селективность. Для описания и оценки условий необходимо использовать минимум параметров окружающей среды.

6. Наличие данных. Необходимо использовать данные, которые реально доступны в обществе или могут быть довольно легко получены.

7. Хорошее статистическое и научное качество. Между признанными экспертами должно быть согласие, что данные достаточно представительны для некоторого состояния окружающей среды.

8. Охват: А) Пространственный. Наиболее желательны ряды данных по конкретным участкам для административных или географических единиц, которые можно собрать, чтобы показать национальные тенденции. Менее желательными, но часто более доступными являются данные, полученные на статистически репрезентативных случайных выборках для страны в целом, по которым нельзя, однако, проследить состояние или тенденции отдельных районов. Б) Временной. Временные ряды данных, собираемых на регулярной основе в одном и том же месте с помощью одних и тех же методов, наиболее желательны для определения тенденций. Но даже данные, собранные в различных местах и с различными временными интервалами могут иметь значение.

9. Приемлемость с точки зрения затрат. Расходы, связанные с мерами, направленными на решение проблемы, требуют тщательного анализа.

Кроме того, как и во всякой сложной проблеме связанной с принятием решения, важно, чтобы используемый набор критериев был:

- полным - охватывал все важные аспекты проблемы,
- действенным - мог быть с пользой применен в анализе,
- разложимым - чтобы процесс оценки можно было упростить, разбив его на части
- неизбыточным - не дублировать учет различных аспектов последствий,
- минимальным - чтобы размерность проблемы оставалась по возможности минимальной.

Таким образом, экологические индексы/индикаторы являются некоторыми показателями (мерами), предназначенными для оценки состояния окружающей природной среды на национальном, региональном и глобальном уровнях; сравнения состояния окружающей среды в различных странах и регионах; для прогнозирования и оценки тенденций; для обеспечения раннего предупреждения об экологических опасностях; для оценки условий в соответствии с поставленными целями и задачами.

#### *Классификация индикаторов/индексов качества окружающей среды*

Выделяют три основные задачи, каждая из которых требует разработки своих собственных наборов индикаторов:

- измерение состояния окружающей среды;
- интеграция экологической составляющей в отраслевую политику;
- более общая интеграция экологических проблем в экономическую политику.

Несмотря на то, что каждая конкретная задача требует конкретного набора индикаторов, можно провести их самую общую классификацию по следующим принципам:

1. Классификация по целям использования. Такое использование, как раннее предупреждения об экологической опасности, общая политика или научные разработки, требует различного набора индикаторов.

2. Классификация по предмету исследования. Она может быть проведена в зависимости от того, какой объект описывает индикатор или набор индикаторов. Индикаторы, описывающие состояние компонентов экосистем, таких как вода или воздух, или такие процессы, как мелиорация или засоление. Преимуществом такой

тематической классификации является то, что результирующий индикатор имеет непосредственное отношение к принятию решений.

3. Классификация по позиции в причинно-следственных связях. В обзоре ЮНЕП (1994 г.) выделяются три категории причинно-следственных цепей:

- Экологический стресс, включая прямые и опосредованные воздействия. К прямым воздействиям, например, можно отнести выброс загрязняющих веществ. Опосредованные воздействия связаны с социально-экономическими факторами, такими, например, как рост населения и уровень экономического развития.

- Состояние окружающей среды, включая оценку качества как естественных ресурсов (флора, фауна, почвы, вода, воздух), так и ресурсов, связанных с социально-экономическими факторами. Этот тип включает также индикаторы экологического воздействия.

- Индикаторы отклика, предназначенные для целей экологической политики.

Наиболее сложным вопросом в теории индексов качества окружающей среды является формальное представление большого числа частных индикаторов в виде обобщенных индексов, служащих для целей управления качеством природной среды. Именно на этом этапе наиболее вероятна потеря информации и смысла. Существует несколько методов обобщения данных: аддитивные и мультипликативные.

#### *1.5.7. Оценка экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной ситуации и экологического бедствия*

Согласно "Закону об охране окружающей природной среды" зоны чрезвычайной экологической ситуации определяются как "участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающей здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных" (ст. 58). "Участки территории, где в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного

равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны", объявляются зонами экологического бедствия (ст. 59).

Для оценки состояния территории по выявлению зон экологического бедствия или чрезвычайных экологической ситуации Минприроды России 30 ноября 1992 г. утвердило "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия".

В документе предусмотрен единый подход, позволяющий классифицировать обследуемые территории с их спецификой по степени экологического неблагополучия, и определен порядок поэтапного проведения оценки экологического состояния территории (ОЭСТ).

На первом этапе (оперативно-диагностическом) администрация территории совместно с природоохранными органами, организациями Минздравмедпрома России, Госкомсанэпиднадзора России и общественными организациями проводят обследование и подготавливают документацию по ОЭСТ. Результаты представляются на Государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ).

На втором этапе (экспертном) ГЭЭ рассматривает полученные документы и дает заключение о признании (или непризнании) экологического неблагополучия территорий зонами экологического бедствия или чрезвычайной экологической ситуации.

Согласно Положению критериями оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения являются:

1) критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения:

- ухудшение здоровья населения;
- загрязнение воздуха селитебных территорий;
- загрязнение питьевой воды, водосточников питьевого и рекреационного назначения;
- загрязнение почв селитебных территорий;
- радиационное загрязнение;

2) критерии оценки изменения природной среды:

- загрязнение воздушной среды;
- загрязнение водных объектов, истощение ресурсов вод и деградация водных экосистем;
- загрязнение и деградация почв;

- изменение геологической среды;
- деградация наземных экосистем;
- растительный мир;
- животный мир;
- биогеохимическая оценка территории;

При использовании предложенных критериев и показателей для оценки экологической обстановки территории необходимо учитывать следующее.

1. Сбор материалов осуществляется на основании стандартных и общепринятых методов с обязательной статистической обработкой данных.

2. Анализ данных проводится в лабораториях, прошедших государственную аттестацию и получивших сертификат.

3. Материалы представляются в виде отчетов с обязательным картографическим приложением.

4. Предварительную обработку полученной, согласно документу, экологической информации, рекомендуется проводить на ЭВМ по программе "Формализация и обработка первичных данных", предназначенной для сбора, кодирования и предварительной обработки показателей и критериев согласно данному документу.

Сбор материалов и анализ данных осуществляется только по поручению территориальных комитетов охраны природы.

Картографическое приложение включает следующие материалы, представляемые на экспертизу:

- ландшафтная карта;
- ландшафтно-геофизическая карта;
- карта использования земель;
- карта антропогенных источников воздействия;
- почвенная карта и карты деградации и истощения почв;
- карта современного состояния растительного покрова, составленная на основе карт растительных ассоциаций, карт патологических изменений растительности и серии биогеохимических карт;
- гидрогеологическая карта и карты изменения гидрогеологического режима водных объектов;
- геоморфологическая карта и карта оценки опасности современных геоморфологических процессов;
- медико-демографические карты.

На этапе проведения экспертизы возможно использование более широкого спектра критериев и показателей, а также применение специальных методов исследования экологически неблагоприятных территорий. В процессе работы рекомендуется использовать программу для ЭВМ "Экспертная система Государственной экологической экспертизы", которая обеспечивает информационную и математическую поддержку процессов принятия решений.

#### *1.5.8. Прогноз и оценка прогнозируемого состояния окружающей среды*

Прогноз и оценка прогнозируемого состояния биосферы является важной составной частью мониторинга. Целью экологического прогнозирования является рациональное управление качеством окружающей среды.

Научная дисциплина о закономерностях разработки прогнозов называется прогностикой. Она исследует законы и способы прогнозирования.

Прогнозом называется научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и об альтернативных путях и сроках их осуществления.

Параметры прогнозов:

- период упреждения прогноза - промежуток времени, на который разрабатывается прогноз.

- точность прогноза - оценка доверительного интервала прогноза для заданной вероятности его осуществления.

Прогнозирование - процесс разработки прогнозов.

В основе прогнозирования лежат три взаимодополняющих источника информации о будущем:

- оценка перспектив развития и будущего состояния прогнозируемого явления на основе опыта, чаще всего при помощи аналогии с достаточно хорошо известными сходными явлениями и процессами;

- условное продолжение в будущее (экстраполяция) тенденций закономерности развития которых в прошлом и настоящем достаточно хорошо известны;

- модель будущего состояния того или иного явления или процесса, построенная сообразно ожидаемым изменениям ряда условий, перспективы развития которых достаточно хорошо известны.

Прогнозным фоном называется совокупность внешних по отношению к объекту прогнозирования условий, существенных для решения задачи прогноза.

Виды прогнозов:

Поисковый прогноз - прогноз, содержанием которого является определение возможных состояний объекта прогнозирования в будущем.

Нормативный прогноз - прогноз, содержанием которого является определение путей и сроков достижения возможных состояний объекта прогнозирования в будущем, принимаемых в качестве цели.

Интервальный прогноз - прогноз, результат которого представлен в виде доверительного интервала характеристики объекта прогнозирования для заданной вероятности осуществления прогноза.

Точечный прогноз - прогноз, результат которого представлен в виде единственного значения характеристики объекта прогнозирования без указания доверительного интервала.

Оперативный прогноз - прогноз с периодом упреждения для объектов прогнозирования до 1 месяца.

Краткосрочный прогноз - прогноз с периодом упреждения от 1 месяца до 1 года.

Среднесрочный прогноз - от 1 года до 5 лет.

Долгосрочный - 5 - 15 лет.

Дальнесрочный прогноз - прогноз с периодом упреждения более 15 лет.

Экологические прогнозы распространяются на различные по масштабам территории, от небольших экосистем, до биосферы в целом.

Прогноз опирается на данные о состоянии окружающей природной среды в настоящем и прошлом (эти данные получают при наблюдениях и анализе результатов наблюдений). Изучение рядов наблюдений, выявление закономерностей в изменении состояния природной среды позволяют определять тенденции этих изменений.

Методы прогнозирования:

По степени формализации все методы прогнозирования делятся на интуитивные и формализованные. Интуитивные методы

применяются тогда, когда объект прогнозирования слишком прост, либо настолько сложен, что аналитически учесть влияние многих факторов не представляется возможным.

Интуитивные методы прогнозирования можно разделить на две группы: индивидуальные и коллективные экспертные оценки.

Формализованные методы подразделяются на экстраполяционные, системно-структурные, ассоциативные и методы опережающей информации.

Методы прогнозной экстраполяции включают методы наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания, вероятностного моделирования и т.д.

К системно-структурным методам относятся методы функционально-иерархического моделирования, структурной аналогии, морфологического анализа.

Методы опережающей информации - методы анализа потоков информации.

Общая последовательность важнейших операций разработки прогноза сводится к следующим основным этапам:

1. Предпрогнозная ориентация (программа исследования). Уточнение задания на прогноз: характер, масштабы, объект, периоды основания и упреждения и т.д. Формулирование целей и задач, предмета, проблемы и рабочих гипотез, определение методов, структуры и организации исследования.

2. Построение исходной (базовой модели) прогнозируемого объекта методами системного анализа.

3. Сбор данных прогнозного фона.

4. Построение динамических рядов показателей - основы будущих прогнозных моделей методом экстраполяции.

5. Построение серии предварительных моделей прогнозируемого объекта.

6. Оценка достоверности и точности моделей (верификация прогнозов).

Периоды упреждения экологических прогнозов могут варьироваться от нескольких десятков до сотен лет. Экологические прогнозы в большой мере связаны с географическими и демографическими прогнозами. Достоверность экологических прогнозов также напрямую связана с динамикой экономической конъюнктуры, что ее снижает.

Анализ прогнозируемого состояния биосферы позволяет выбрать определенные направления, требующие приоритетных мер по борьбе с их отрицательными проявлениями; прогноз позволяет наметить и осуществить не только меры, направленные на улучшение уже имеющегося (и, возможно, увеличивающегося) воздействия, но и меры профилактического характера, против негативных эффектов, которые еще не проявились. Кроме районов, в которых состояние биосферы неблагополучно в связи с быстро развивающейся промышленностью и хозяйственным освоением, прогноз позволяет выделить направления (проблемы), требующие особого внимания как в глобальном, так и в региональном масштабах.

Анализ данных прогноза позволяет внести определенные коррективы в хозяйственную деятельность человека, скорректировать оптимальным образом взаимодействие человеческого общества и природы.

Таким образом, прогнозирование состояния биосферы, является необходимым звеном в управлении качеством природной среды.

#### *1.5.9. Регулирование качества среды*

Научные данные, полученные благодаря системе мониторинга, создают основу для разработки законодательных актов по охране окружающей природной среды, содержащих конкретные меры предупреждения вредного антропогенного воздействия.

Меры природоохранного регулирования можно подразделить на:

а) Предупредительные меры - законодательные меры по предотвращению загрязнения окружающей среды или нежелательных явлений;

Они включают:

- 1) установления норм права;
- 2) установление стандартов, определяющих и регулирующих уровень загрязнения окружающей среды;
- 3) нормирование выбросов и сбросов вредных веществ предприятиями;
- 4) применение процедуры экологической экспертизы;
- 5) проверка деятельности объектов и источников загрязнения
- 6) экологическое аудирование.

б) Карательные меры - меры наказания за нарушение правовых норм охраны окружающей среды:

- 1) меры взыскания;
- 2) меры пресечения;
- 3) экономические меры.

Проблема регулирования качества природной среды опирается на экологическое прогнозирование и требует построения эколого-экономических моделей.

Сочетание административных и экономических мер характерно для всех развитых стран. В США, например, именно сочетание экономических рычагов и административных мер позволило добиться улучшения и поддержания на безопасном уровне качества воздуха при одновременном сохранении индустриального роста. А в Японии решающее значение имеют административные меры. Для этой страны характерно преимущественное использование методов прямого административного воздействия, а не экономические, как, например, в западноевропейских странах.

### **1.6. Принципы построения мониторинговых систем реального времени**

В сложившейся на сегодняшний день обстановке, когда практически любую населенную территорию можно считать, как минимум, зоной напряженной экологической ситуации, для обеспечения действительно устойчивого развития, обеспечение адекватного и своевременного принятия решений. Полученная "сегодня" информация о том, что "это случилось вчера", в современных условиях может дорого обойтись.

Необходимо отслеживать все изменения в состоянии и тенденциях изменения окружающей среды, поскольку именно они могут предупредить о надвигающейся катастрофе. основополагающим принципом создания современной системы экологического мониторинга является принцип обработки информации в реальном времени. Это означает, что обработка информации должна происходить непосредственно после ее получения, и принятое по этой информации решение должно управлять следующим сбором информации.

На современном уровне развития вычислительной техники реализация этого принципа не вызывает затруднений, тем более, что реальное время на экосистемном уровне в большинстве случаев достаточно для обработки и принятия обдуманных и взвешенных решений.

В основе построения систем экологического мониторинга реального времени лежит принцип управления на основе анализа потока событий, известный из кибернетики и программирования. Управление на основе анализа потока событий основано на регистрации и обработке событий (непрерывно поступающих данных о текущем состоянии окружающей среды).

В отличие от традиционных систем с жестко заданной схемой выполнения операций по сбору и обработке информации, в данном случае происходит "интеллектуальное" управление функционированием системы в зависимости от потока данных, поступающих на ее входы.

Это означает, что в системе мониторинга в режиме реального времени производится обработка поступающей информации и принятие решений, в том числе и о программе пробоотбора (время, пространственные координаты, параметры, точность и т.д.) на следующем шаге. Таким образом, при необходимости происходит включение в работу дополнительных подсистем сбора информации о состоянии окружающей среды.

## **2. ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА В СВЯЗИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ МАСШТАБАМИ**

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

На Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде было предложено организовать Службу Земли (Earthwatch), которая в настоящее время является частью программы по проблеме окружающей среды (ЮНЕП). В рамках Службы Земли была организована система глобального экологического мониторинга (ГСМОС), основными целями которой являются:

1) организация расширенной системы предупреждений об угрозе здоровью человека;

2) оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;

3) оценка количества и распределения загрязнений в биологических системах, особенно в пищевых цепях;

4) оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;

5) оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;

6) оценка загрязнений океана и влияние загрязнений на морские экосистемы;

7) создание усовершенствованной системы предупреждений о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Для того, чтобы организуемая система ГСМОС не дублировала в своей работе уже существующие системы, на указанном совещании были приняты следующие важные принципы:

1. Межправительственное сотрудничество по мониторингу должно строиться на основе существующих национальных и международных систем.

2. Необходимо использовать специальные агентства ООН в качестве начальной основы для координирования и осуществления программы мониторинга.

3. Приоритет должен быть предоставлен глобальному и интернациональному мониторингу.

4. Система мониторинга должна строиться таким образом, чтобы удовлетворять четко сформулированным требованиям, а мероприятия по оценке данных должны быть общей частью проекта такой системы.

В отдельные подсистемы в ГСМОС выделен мониторинг загрязнений и мониторинг возобновимых ресурсов, включающий некоторые дополнительные экологические проблемы.

Конечными целями мониторинга загрязнений являются:

1) определение уровней концентраций критических загрязнителей в определенной среде, их распределение в определенной среде, их распределение в пространстве и изменения во времени;

2) определение величины и скоростей потоков загрязнителей и вредных продуктов их превращений;

3) обеспечение сравнений методов пробоотбора и анализа между странами, включая и развивающиеся страны, для получения сопоставимых результатов и обмен опытом по организации систем мониторинга;

4) обеспечение в глобальном и региональном масштабе информацией, необходимой для принятия решений по управлению при борьбе с загрязнением.

За прошедшие годы был проведен значительный объем исследований по наблюдению изменений состояния природной среды. Некоторые из них осуществлялись в рамках ГСМОС, некоторые - в рамках Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Всемирной метеорологической организации (ВМО) при поддержке ЮНЕП.

## **2.2. Система фоновых мониторинга загрязнения природной среды**

### *2.2.1. Организация фоновых наблюдений*

В системе экологического мониторинга важное место отведено фоновому мониторингу загрязнения природной среды, развитие которого связано с созданием сети станций комплексного фоновых мониторинга (СКФМ), главным образом на базе биосферных заповедников. Организация фоновых наблюдений преследует цель охватить репрезентативной сетью фоновых станций обширные территории с учетом их природного многообразия. Наблюдения загрязнений всех без исключения природных сред осуществляются на этих станциях по единой программе в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды.

Программа включает в себя, во-первых, перечень приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих определению в атмосферном воздухе, осадках, поверхностных водах, донных отложениях, почве, растительности и тканях животных; во-вторых, перечень подлежащих измерению гидрометеорологических параметров и периодичность проведения наблюдений и измерений.

Критериями обоснования списка приоритетных химических веществ, поступающих в окружающую среду в результате антропогенной деятельности являются их распространенность, токсичность, персистентность, способность к накоплению в природных объектах, передача по пищевым цепям с накоплением в живых организмах, вредное воздействие на экосистемы, трансформация в более опасные соединения и т.д. В соответствии с

названными критериями составлена программа наблюдений на СКФМ /3/, представленная в таблице. 3.

В число гидрометеорологических и геофизических параметров, подлежащих измерению на фоновых станциях, входят параметры, которые необходимы для осуществления мониторинга климата, а также для интерпретации данных о концентрациях загрязняющих

Таблица 3

Программа наблюдения на СКФМ /3/

Объекты природной среды	Наблюдения и работы	Сроки наблюдений и работы
Атмосферный воздух (приземный слой)	Отбор проб для определения содержания взвешенных частиц (пыли), свинца, кадмия, ртути, 3,4-бензпирена и др. ПАУ, хлорорганических пестицидов(ДДТ, ГХЦГ и других ХОП), сульфатов, озона На отдельных станциях - мышьяк, никель, ванадий, сурьма, селен, цинк, медь	Интегральная проба за 24 ч (ежесуточно)
Атмосферные осадки	Отбор проб осадков и снежного покрова для определения содержания свинца, кадмия, ртути, 3,4-бензпирена и др. ПАУ, хлорорганических пестицидов(ДДТ, ГХЦГ и других ХОП), электропроводности, рН, анионов и катионов На отдельных станциях - мышьяк, никель, ванадий, сурьма, селен, цинк, медь, полихлорбифенилы (ПХБФ)	Интегральная проба за декаду Снежный покров - один раз в год перед началом снеготаяния
Поверхностные воды, донные отложения, почва, растительность	Отбор проб осадков и снежного покрова для определения содержания свинца, кадмия, ртути, 3,4-бензпирена и др. ПАУ, хлорорганических пестицидов(ДДТ, ГХЦГ и других ХОП) На отдельных станциях - мышьяк, никель, ванадий, сурьма, селен, полихлорбифенилы (ПХБФ)	Поверхностные воды - 6 раз в год: начало, середина и спад половодья летняя и зимняя межень, паводок. Донные отложения и
поч-ва (поверх-		ностный слой), растительность

1-2 раза в год

Дикие животные	Отбор проб тканей животных для определения содержания хлорорганических пестицидов(ДДТ, полихлорбифенилы (ПХБФ))	Один раз в 3-5 лет
----------------	---	--------------------

---

веществ в отдельных природных средах и для исследования биогеохимических циклов. К таким параметрам относятся:

- скорость и направление ветра, атмосферное давление, температура и влажность окружающего воздуха, интенсивность и продолжительность атмосферных осадков;

- уровни, расход и температура воды, расход взвешенных наносов, мутность и т.д.

- влажность и тепловой баланс почв;

- актинометрические параметры. Метеорологические, гидрологические и актинометрические наблюдения проводятся ежедневно.

Основные принципы работы сети фоновый мониторинга:

1) система мониторинга комплексна, охватывает несколько сред;

2) для того, чтобы связать данные о разных средах и понять возможное взаимодействие между загрязняющими веществами и параметрами экосистем, используется системный подход;

3) везде, где это возможно, необходимо применять многокомпонентные процедуры аналитической химии для измерения загрязняющих веществ;

4) необходимо измерять ключевые параметры экосистем;

5) на всех фазах должны применяться методы гарантий качества.

### *2.2.2. Биосферные заповедники*

Основой комплексного глобального фоновый мониторинга является существующая международная система биосферных заповедников.

Заповедники - эталонные участки природы, сохраняющиеся в естественном виде. При учреждении заповедника значительная площадь земной поверхности или часть водоема изымается из производственной деятельности.

В 70-х годах в рамках международной программы ЮНЕСКО зародилось представление о биосферных заповедниках. Цель их создания - сохранение для нынешних и будущих поколений наиболее типичных экосистем и сообществ - эталонных участков биосферы, а также генетического фонда растений и животных, сформировавшихся в ходе эволюции на Земле. Выделенные районы предназначены для многолетних экологических исследований - как фундаментальных, так и в области мониторинга окружающей среды, они должны служить базой для природоохранного просвещения и подготовки специалистов.

Основное направление исследований в биосферных заповедниках - сравнение естественных экосистем с экосистемами, измененными человеком, с целью получения информации о развитии модифицированных экосистем, сохраняющих продуктивность в течение длительного времени. Для этого биосферные заповедники должны включать различные типы измененных территорий и состоять из центральной зоны ("ядра") и расположенной вокруг нее буферной зоны.

Ядро почти целиком предназначено для сохранения экосистем. В буферной зоне можно оценивать последствия воздействия активного антропогенного вмешательства на структуру и функции экосистем. Она может охватывать любые территории (кроме ядра) или их сочетания, потенциально пригодные или уже используемые для исследовательских целей.

Кроме того, буферная зона может включать крупные участки, не имеющие четких границ, где предпринимаются меры по развитию совместной деятельности, гарантирующей систему природопользования, не противоречащую природоохранной и исследовательской функциям других частей заповедника. На данной территории могут проводиться различные сельскохозяйственные мероприятия, создаваться поселения.

Исследования, проводимые на территориях самих заповедников и в буферных зонах позволяют обоснованно прогнозировать последствия антропогенных изменений окружающей среды и разрабатывать более дальновидную стратегию использования ресурсов природных экосистем.

Биосферные заповедники объединены во всемирную сеть, которая способствует обмену информацией по проблемам охраны природы и рационального использования естественных и управляемых

экосистем. Основная цель этой сети - организация по крайней мере по одному заповеднику в основных экосистемах мира.

В настоящее время в 68 странах насчитывается 226 биосферных заповедников. Отбора биосферных заповедников для целей фонового мониторинга проводится следующие критерии /3/:

Обязательные критерии:

1. Размер. Достаточный размер заповедника должен способствовать сохранению ядра заповедника и защищать его от изменений, вызываемых хозяйственной деятельностью на соседних территориях.

2. Доступность. Участок должен быть доступен в разумных пределах, однако должен быть ограничен доступ, например, для большого количества автомобилей и т.д.

3. Охрана. Район должен быть взят навечно под правовую защиту государством.

4. Штат. В заповеднике должен быть постоянный штат. Это увеличит (но не гарантирует) возможность наличия следующих служб: 1) охраны; 2) научных исследований; 3) ухода за местностью;

5. Растительность. Тип растительности в заповеднике должен приблизительно соответствовать основным биогеографическим типам земного шара.

Желательные критерии:

1. Неосвоенные окружающие участки. Они должны гарантировать существование буферной зоны

2. Отсутствие нарушений в прошлом. Это должно обеспечить естественный характер экосистемы в заповеднике, однако на практике заповедники, где полностью выполняется этот критерий очень редки.

3. Постоянный штат более 5 человек. При увеличении постоянного штата возрастает возможность проводить большой объем работ, которые могут оказаться полезными для мониторинга.

4. Текущая научная работа: 1) мониторинг загрязняющих веществ (абиотический мониторинг) 2) изучение воздействия на среду 3) фундаментальные экологические исследования.

5. Наличие данных. Кроме наличия данных по заповеднику, необходимы данные: метеорологические; гидрологические; геофизические; почвенные; биологические.

Первые биосферные заповедники в СССР были определены во время Всесоюзного совещания "Опыт и методы экологического

мониторинга", проведенного в научном центре биологических исследований АН СССР в 1978 г.

В настоящее время на территории России расположены 18 биосферных заповедников: Астраханский (Астраханская область), Байкальский (Республика Бурятия), Баргузинский (Республика Бурятия), Воронежский (Воронежская область), Кавказский (Краснодарский край), Кроноцкий (Камчатская область), Лапландский (Мурманская область), Окский (Рязанская область), Печорско-Ильчский (Республика Коми), Приокско-Террасный (Московская область), Саяно-Шушенский (Красноярский край), Сихоте-Алиньский (Приморский край), Сохондинский (Читинская область), Таймырский (Таймырский АО), Центрально-Лесной (Тверская область), Центрально-Сибирский (Красноярский край), Центрально-Черноземный (Курская и Белгородская области), Черные земли (Республика Калмыкия).

## **2.3. Национальные и региональные системы мониторинга**

### *2.3.1. Организация наблюдения и контроля за загрязнением природной среды за рубежом /15/*

Тревога в связи с загрязнением окружающей среды обусловила принятие мер на международном, национальном и региональном уровнях. В развитых странах были разработаны программы мониторинга и оценки качества воздуха, вод, наблюдения за тенденциями и оценки взаимосвязи между загрязнением окружающей среды и здоровьем человека.

США: В разработку и выполнение национальных программ мониторинга вовлечены десятки федеральных ведомств и прежде всего Агентство по охране окружающей среды.

Началом практической реализации программ контроля качества окружающей среды американские природоохранные ведомства считают создание и внедрение системы репрезентативных показателей, наиболее широко применяемым из которых является "показатель нормированных загрязнителей", представляющий собой комбинированный показатель ежедневного загрязнения воздушного бассейна и отражающий соответствие установленным в США государственным стандартам качества атмосферы.

Аналогичным образом разрабатываются и показатели для водной среды и других элементов природной среды. Разработана Программа мониторинга и оценки окружающей среды с целью определения современного состояния и направлений развития экосистем прибрежных вод, лесов, болот, поверхностных вод и агроэкосистем.

При организации контроля особая роль в США отводится созданию контрольно-измерительной сети и информационному обеспечению природоохранных программ. При этом решение различных задач обеспечивается посредством индивидуальных контрольно-измерительных сетей наблюдения, находящихся, как правило, в различных ведомствах. Вся информация о состоянии воздушной среды компьютеризована. По типу прогноза погоды разрабатывается система текущего прогнозирования загрязнения воздуха. Ведется также долгосрочное прогнозирование.

Наиболее обширные данные о состоянии водной среды в США обеспечивает Национальная сеть расчета качества вод при Геологической службе. Получаемые данные о загрязнении водоемов поступают в информационную систему Агенства по охране окружающей среды. В эту информационную систему поступают также данные с "парных станций", (одна из которых расположена выше по течению реки) на которых ведутся наблюдения за изменениями загрязненности рек страны на наиболее загрязненных участках. Такие результаты позволяют определить результаты водоохранных мероприятий.

Аналогичные контрольно-измерительные сети наблюдения и системы обработки информации создаются и в других областях: в окружающей среде отслеживаются ядохимикаты и токсичные вещества, продолжает расширяться сеть государственных баз данных о качестве окружающей среды.

Новая стратегия Агенства по охране окружающей среды предусматривает объединение научно-исследовательской деятельности и контроля для обеспечения системы раннего предупреждения, т.е. установления источников загрязнения до попадания загрязняющих веществ в среду.

При выполнении региональных программ годам был составлен перечень всех источников загрязнения воздуха в регионах с указанием характерных для них загрязняющих веществ, созданы сети станций контроля, размещенных в зонах с высокой плотностью населения,

вблизи стационарных источников загрязнения и в сельской местности (фоновые).

Системы мониторинга имеют системы объявления тревоги.

Однако из-за "критических пробелов" полученные данные часто не позволяют составить целостную картину, поэтому предложена комплексная программа мониторинга, данные которой будут вводиться в автоматизированную Систему географической информации, пользоваться которой смогут заинтересованные лица и организации.

Великобритания: В этой стране система мониторинга изменений ландшафта в масштабах страны начала создаваться в 70-е гг. На первом этапе кроме аэрофотосъемки использовались космические снимки и натурные наблюдения. В дальнейшем выяснилось, что аэрофотосъемки являются наилучшим материалом для слежения за изменениями. Проведен анализ для 50-летнего периода. Реализован ряд проектов, связанных с мониторингом ландшафтов.

В Великобритании создана национальная информационная система данных, базирующаяся на семи водных регионах и 40 станциях сбора гидрометрических данных. Эта система позволяет местным органам вести учет количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов в каждом органе управления.

Франция: Первые сети наблюдения за приземными концентрациями загрязняющих веществ были созданы в 60-е годы по инициативе Ассоциации по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха в крупнейших городах страны. Результаты измерений были использованы для составления первой карты загрязнения атмосферного воздуха во Франции. На основании этих данных в 1961 г. почти за 10 лет до создания Министерства окружающей среды были подготовлены проекты Закона об атмосферном загрязнении и запахах и других законодательных актов, действующих в настоящее время.

Национальная система мониторинга окружающей среды действует на основе региональных. Осуществляются программы мероприятий по снижению последствий загрязнений вод, используемых для питьевого водоснабжения. Стационарные специализированные сети автоматических станций раннего оповещения дают исчерпывающую информацию об изменении

ситуации в водотоке и фиксируют случаи превышения нормативного уровня загрязненности веществ в воде.

При возникновении опасной ситуации (например обнаружение облака загрязнения) персонал по радио или телесвязи передает сообщение на станции водоподготовки и водозаборные сооружения. Несмотря на то, что, как правило, предприятие-нарушитель первым сообщает о залповом сбросе, именно станции мониторинга выдают всем заинтересованным организациям объективную информацию о состоянии водотока и чрезвычайных обстоятельствах (например, ночной сброс, утечка загрязняющих веществ из емкостей-хранилищ).

Германия: В этой стране введено положение об обязательности мониторинга выбросов, которое разрабатывалось в учет требований законодательства, возможностей контрольно-измерительной техники и результатов анализа затрат-выгод.

Швеция: Фундаментальным принципом системы наблюдения Швеции является то, что лицензированные источники должны первоначально придерживаться своего собственного статуса согласия, основанного на инструкции по самомониторингу источника. Программа мониторинга, подтвержденная органами наблюдения, задает требуемые параметры и часто включает статус экологического мониторинга на предприятии (раз в год, в квартал, месяц).

Основная идея принятия инструкции самомониторинга источника состоит в том, что руководство предприятия должно нести ответственность за свои действия, включая вредное воздействие на окружающую среду. Другая причина в том, что органы наблюдения практически не имеют ресурсов в количестве, достаточном для поддержания требований и законов по ООС на должном уровне.

Япония: Национальная сеть станций мониторинга атмосферного воздуха Японии охватывает как промышленные центры, так и сравнительно безопасные в экологическом отношении районы. В настоящее время система станций ведет регулярное наблюдение по ряду загрязняющих веществ.

В 1974 г. кислотными дождями Японии впервые был нанесен значительный ущерб и начаты систематические исследования по проблеме кислотных осадков.

В рамках Закона о контроле за химическими веществами с целью оценки безопасности Агентство по охране окружающей среды разработало общую программу проверки, состоящую из трех фаз:

- 1) отбор химических веществ для экологических наблюдений;

- 2) сбор фактического материала по загрязнению окружающей среды;
- 3) мониторинг воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

### *2.3.2. Организация наблюдения и контроля за загрязнением природной среды в России*

#### 2.3.2.1. Федеральный уровень. ЕГСЭМ

В нашей стране впервые контроль за состоянием окружающей среды стал осуществляться в 30-е годы и касался он в основном поверхностных вод суши - рек, озер и других водоемов. Связано это было с условиями водопотребления. В 50-е годы на базе разветвленной системы Гидрометслужбы СССР были организованы наблюдения за радиоактивным загрязнением природной среды в связи с испытанием ядерного оружия.

Контроль за загрязнением атмосферного воздуха как объекта охраны природы был начат в отдельных крупных промышленных центрах СССР с 1963 года.

В нашей стране становление первого этапа контроля загрязнения объектов природной среды завершилось в 1972 г., когда была организована Общегосударственная служба наблюдения и контроля за загрязнением природной среды (ОГСНК). Общее руководство ОГСНК было возложено на Гидрометслужбу, а в дальнейшем на Государственный комитет СССР по гидрометеорологии (Госкомгидромет), исходя из одинаковых принципов построения сети наблюдений - регулярности, единства программ и методов, репрезентативности мест наблюдений.

Выработанные основные принципы организации системы наблюдений (комплексность, систематичность), проведения химического анализа проб воздуха, воды, обобщения получаемой информации позволили обеспечивать сравнимость данных

наблюдений за загрязнением природной среды на всей территории СССР.

По состоянию на 1993 г. в Российской Федерации функционировало несколько ведомственных систем мониторинга:

- служба наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета;

- служба мониторинга лесного фонда Рослесхоза;

- служба мониторинга водных ресурсов Роскомвода;

- служба агрохимических наблюдений и мониторинга загрязнений сельскохозяйственных земель Роскомзема;

- служба санитарно-гигиенического контроля среды обитания человека и его здоровья Госкомсанэпиднадзора России;

- контрольно-инспекционная служба Минприроды России;

- система мониторинга геологической среды Роскомнедра и др.

Перечисленные службы и системы мониторинга ориентированы на наблюдения и оценку состояния отдельных компонентов окружающей среды и природных ресурсов. Каждая из этих систем функционировала по самостоятельной программе, практически не скоординированной с другими программами. В настоящее время на базе ОГСНК разрабатывается Единая Государственная Система Экологического Мониторинга России (ЕГСЭМ).

24 Ноября 1993 года было принято Постановление Совета Министров - Правительства Российской Федерации N 1229 "О создании Единой государственной системы экологического мониторинга", согласно которому общее руководство деятельностью ЕГСЭМ возложено на Министерство охраны окружающей среды.

В приложении к Постановлению утверждено распределение функций в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти, представленное в таблице 4.

17.12.93 издан Приказ N 265 Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации "О выполнении Постановления Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. N 1229, была организована рабочая группа и распределены обязанности ответственных лиц для обеспечения выполнения Постановления.

Таблица 4

Распределение функций в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти:

---

Федеральный орган

Функции

Минприроды России и ведомств, предприятий и организаций	<p>координация деятельности министерств в области мониторинга окружающей природной среды</p> <p>организация мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду и зон их прямого воздействия</p> <p>организация мониторинга животного и растительного мира, мониторинг наземной</p>
---	---

Продолжение таблицы 4

Федеральный орган

Функции

	<p>фауны (кроме лесов)</p> <p>обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем</p> <p>ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей среде, природных ресурсах и их использовании</p>
Росгидромет	<p>организация мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, комплексного фонового и космического мониторинга состояния окружающей природной среды</p> <p>координация развития и функционирования ведомственных систем фонового мониторинга загрязнения окружающей среды</p> <p>ведение государственного фонда данных о загрязнении окружающей природной среды</p>
Роскомзем	мониторинг земель

Роскомнедра	мониторинг недр (геологической среды), включая мониторинг подземных вод и опасных экзогенных и эндогенных геологический процессов
Роскомрыболовство	мониторинг рыб, других водных животных и растений
Рослесхоз	мониторинг лесов
Роскомвод	мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод

Роскартография осуществление топографо-геодезичес-

Продолжение таблицы 4

Федеральный орган	Функции
	кого и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем
Госгортехнадзор России	координация развития и функционирования подсистем мониторинга геологической среды, связанных с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности мониторинг обеспечения промышленной безопасности (за исключением объектов Минобороны России и Минатома России)
Роскомсанэпиднадзор России	мониторинг воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения
Минобороны России	мониторинг окружающей среды и источников воздействия на нее военных объектов обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения
Госкомсевер России	участие в развитии и функционировании ЕГСЭМ в районах Арктики и крайнего

## Севера

Комитет по проведению подводных работ особого назначения при Совете Министров - Правительстве Российской Федерации	участие в разработке, развертывании и развитии ЕГСЭМ в части мониторинга подводных источников воздействия повышенной опасности в морях и внутренних акваториях на окружающую среду
--	--

Минсельхоз России	обеспечение создания и функционирования отраслевой системы мониторинга
-------------------	--

Продолжение таблицы 4

Федеральный орган	Функции
	окружающей среды
Минатом России	координация деятельности подведомственных предприятий и организаций отрасли (независимо от форм собственности) в области мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду
Минсельхоз России	
Минтопэнерго России	
Роскоммаш	
Гособоронпром России	
Роскомнефтепром	
Роскомметаллургия	

Приказом Министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от 9.02.95 г. N 49 утверждено Положение о Единой государственной системе экологического мониторинга.

Положение определяет цели и задачи организации и функционирования ЕГСЭМ, ее структуру, порядок функционирования, правовой статус информации.

### I. Цели, задачи и функции ЕГСЭМ

ЕГСЭМ является формой организации целенаправленного получения, хранения, обработки и анализа информации об

экологическом состоянии РФ. ЕГСЭМ функционирует и развивается с целью информационного обеспечения управления в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, обеспечения экологически безопасного устойчивого развития страны и ее регионов, ведения государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и экосистем, природных ресурсах, источников антропогенного воздействия.

Основными задачами ЕГСЭМ являются:

- проведение с определенными пространственным и временным разрешением сопряженных наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды и экосистемами, источниками антропогенных воздействий;

- проведение оценок состояния окружающей среды, экосистем территории страны, источников антропогенного воздействия при различных условиях размещения производительных сил, социальных и экономической сценариях развития страны и ее регионов;

- информационное обеспечение пользователей ЕГСЭМ в области рационального использования и охраны природных ресурсов.

В соответствии основными задачами ЕГСЭМ осуществляется мониторинг состояния природных сред, экосистем, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия, а также информационное обеспечение решения экологических проблем.

Эти работы выполняются в рамках ЕГСЭМ на единых научно-методических и метрологических подходах.

## II. Структура ЕГСЭМ

ЕГСЭМ создается на основе территориально-ведомственного принципа построения, предусматривающего максимальное использование возможностей существующих межведомственных и ведомственных систем мониторинга состояния окружающей природной среды, источников антропогенного воздействия, природных ресурсов, экосистем.

В ЕГСЭМ выделяются базовые и специализированные подсистемы мониторинга и подсистемы обеспечения функционирования системы в целом.

В состав ЕГСЭМ входят следующие базовые подсистемы:

- атмосферы;

- водных объектов: поверхностных вод суши, морской среды, водной среды, водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод, подземных вод;

- недр (геологической среды), опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов, вредного влияния горных работ на окружающую среду (в пределах горного отвода);

- земель, почвенного покрова;

- наземной флоры и фауны (кроме лесов);

- лесов;

- рыб и других водных животных и растений;

- фонового состояния окружающей среды;

- источников антропогенного воздействия.

Специализированные подсистемы функционируют на базе служб наблюдений федеральных органов исполнительной власти и осуществляют мониторинг:

- промышленной безопасности;

- околоземного космического пространства;

- военных объектов;

К специализированным подсистемам относится отраслевая система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов Минсельхозпрода России.

Руководство подсистемами осуществляют специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти в соответствии с распределением функций, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.11.93 г. N 1229 "О создании Единой государственной системы экологического мониторинга".

Функционирование подсистем осуществляется на основании настоящего Положения и Положений о подсистемах ЕГСЭМ, утверждаемых федеральными органами исполнительной власти, обеспечивающими деятельность этих подсистем, по согласованию с Минприроды России.

Взаимодействие ЕГСЭМ с системой социально-гигиенического мониторинга осуществляется на основании разрабатываемого Минприроды России и Госсанэпиднадзором России соглашения о порядке обмена информацией по воздействию факторов среды обитания на состояние здоровья населения.

В ЕГСЭМ образуются специализированные ведомственные подсистемы, связанные с мониторингом источников антропогенного

воздействия предприятий различных отраслей промышленности и сельского хозяйства страны.

В ЕГСЭМ функционируют подсистемы обеспечения, к которым относятся:

- топографо-геодезическое и картографическое обеспечение, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем;

- электронные системы передачи данных.

В ЕГСЭМ могут быть образованы и другие подсистемы, решающие тематические целевые задачи.

### III. Функционирование ЕГСЭМ

ЕГСЭМ функционирует на четырех основных уровнях:

- федеральном;

- региональном (бассейновом);

- субъектов Российской Федерации (территориальный уровень);

- локальном.

Общее руководство ЕГСЭМ, включая создание нормативно-правовой базы, а также организацию информационного обмена между участниками ЕГСЭМ осуществляет Минприроды России.

ЕГСЭМ функционирует и развивается во взаимодействии с Российской системой по чрезвычайным ситуациям (РСЧС) и обеспечивает РСЧС всей необходимой информацией в согласованной форме и в согласованные сроки. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций федерального и регионального масштабов ЕГСЭМ функционирует как подсистема РСЧС.

Территориальные системы экологического мониторинга организуются в субъектах Российской Федерации и являются основными системообразующими элементами ЕГСЭМ (территориальными подсистемами ЕГСЭМ). Как и ЕГСЭМ в целом, территориальные подсистемы формируются на основе базовых и специализированных подсистем при участии систем обеспечения соответствующего уровня.

На территориальном уровне функционируют локальные системы экологического мониторинга, организация которых осуществляется предприятиями и организациями, осуществляющими

хозяйственную деятельность на территории субъектов Российской Федерации.

Территориальные подсистемы ЕГСЭМ формируются в субъектах Российской Федерации по унифицированным методологическим принципам с целью обеспечения сопоставимости информации между отдельными территориальными подсистемами ЕГСЭМ и включают в себя как базовую сеть мониторинга федерального уровня, так и соответствующую сеть мониторинга объектов в интересах данного субъекта Российской Федерации.

Данные, получаемые всеми звеньями территориального уровня ЕГСЭМ, собираются в специализированных центрах базовых и специализированных подсистем данной территории, функционирующих на единой организационной, методической и информационной основе.

Данные для обеспечения информационных систем федерального (регионального) уровня передаются в соответствующие федеральные (региональные) центры указанных подсистем.

Обобщение информации, предоставляемой территориальным центрам базовых и специальных подсистем, осуществляется по данной территории в информационно-аналитических центрах территориальных органов Минприроды России по согласованию с территориальными (региональными) подразделениями федеральных органов исполнительной власти, обеспечивающих функционирование ЕГСЭМ.

Для оценки антропогенного воздействия объектов хозяйственной деятельности организуются системы мониторинга источников воздействия на окружающую среду и зон их непосредственного влияния (импактный мониторинг), осуществляющие свое функционирование в рамках соответствующих базовых и специализированных подсистемах ЕГСЭМ.

Решение о необходимости наличия у предприятия указанных систем мониторинга принимается органами, выдающими лицензии на природопользование и проведение мониторинга состояния окружающей среды.

Системы мониторинга источника воздействий создаются за счет средств субъекта хозяйственной деятельности, который обеспечивает их регламентное функционирование.

Региональный уровень ЕГСЭМ может быть организован для решения задач экологического мониторинга, носящего региональный

характер с определением территориальных подсистем ЕГСЭМ, участвующих в формировании региональной системы. Целесообразность создания регионального уровня ЕГСЭМ определяется:

- необходимостью оценки состояния природных объектов, анализа природных процессов и экологически неблагоприятных явлений, когда их границы не совпадают с границами субъектов Российской Федерации;

- сложившейся структурой территориальных (региональных) органов ряда ведомств;

- целесообразностью создания мощных региональных центров, способных обслуживать несколько субъектов Российской Федерации.

На федеральном уровне ЕГСЭМ выполняет следующие основные функции:

- обобщение экологических данных и информации, получаемой на территориальном и региональном уровнях;

- обеспечение требуемого качества данных, получаемых на всех уровнях ЕГСЭМ;

- информационное обеспечение управления в области охраны окружающей природной среды и экологической безопасности, осуществляемого федеральными органами исполнительной и представительной власти;

- информирование населения и общественности России об основных показателях, характеризующих экологическую обстановку на территории страны, и крупномасштабных тенденциях ее изменения;

- обеспечение функционирования подсистем экологического мониторинга, имеющих федеральное значение, а также специальных систем мониторинга, не имеющих территориального и регионального уровней;

- обеспечение участия Российской Федерации в международных, в том числе, глобальных системах мониторинга.

Сбор, хранение и анализ информации, поступающей от информационных звеньев базовых и специализированных подсистем мониторинга территориального уровня, а также федеральных центров специализированных подсистем, не имеющих территориального уровня, осуществляется в информационно-управляющих федеральных центрах соответствующих подсистем ЕГСЭМ, связанных между собой на единой организационной, методической и информационной основе. Федеральный информационно-аналитический центр Минприроды

России осуществляет сводный анализ информации, передаваемой из информационно-управляющих центров соответствующих подсистем ЕГСЭМ федерального и территориального уровней в порядке, согласованном с федеральными органами исполнительной власти, обеспечивающих функционирование ЕГСЭМ и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Обмен данными между информационными центрами подсистем ЕГСЭМ осуществляется на принципе бесплатного доступа к данным мониторинга, полученным за счет средств федерального и территориальных государственных бюджетов.

Предоставление доступа к данным осуществляется на основе двусторонних договоров, закрепляющих условия передачи информации и ее дальнейшего использования.

Создание, функционирование и развитие ЕГСЭМ финансируется за счет средств федерального бюджета, а также бюджетов субъектов Российской Федерации с привлечением внебюджетных средств.

#### IV. Правовой статус информации в ЕГСЭМ

Информация в ЕГСЭМ является государственной собственностью и не подлежит приватизации.

##### 2.3.2.2. Информационно-аналитические центры экологического мониторинга

Система управления данными является одним из важнейших элементов ЕГСЭМ, который формируется путем организации двух основных иерархических уровней сбора, хранения, обработки, передачи и представления данных - федерального и территориального.

В состав такой системы входят информационно-аналитические центры, соединенные между собой телекоммуникационными каналами.

Федеральный уровень образуется Федеральным информационно-аналитическим центром (ФИАЦ) экологического мониторинга и выделенными информационными и информационно-технологическими центрами министерств и ведомств, осуществляющих руководство государственными и ведомственными

службами наблюдения природных сред, природных и техногенных объектов.

Основным элементом системы управления данными являются территориальные информационно-аналитические центры (ТИАЦ). Такие центры играют важную роль в организации и функционировании системы экологического мониторинга не только на территориальном уровне, но и на федеральном уровне организации сбора, обработки, хранения и представления информации.

С уровня ТИАЦ осуществляется информационное обеспечение лиц, принимающих решения в области охраны природы и обеспечения экологической безопасности на локальном, местном и территориальном уровнях. Как правило, такие центры осуществляют свою деятельность при непосредственном руководстве со стороны территориальных органов Минприроды.

В ряде субъектов федерации принята другая система управления ТИАЦ, например, непосредственно с уровня администрации территории. Однако и в этом случае роль научно-методического руководства и многие другие управленческие задачи в деятельности ТИАЦ решаются непосредственно органами Минприроды.

ТИАЦ создается как один из важнейших элементов системы управления данными в ЕГСЭМ, обеспечивающий:

- сбор данных измерений и наблюдений от измерительных систем, пунктов наблюдения, специализированных аналитических лабораторий и т.д.;

- хранение данных измерений;

- обработку данных измерений и наблюдений с целью получения целевых показателей трех видов - показателей соблюдения нормативов качества окружающей среды, диагностики экосистем и раннего предупреждения о возможном ухудшении качества окружающей среды;

- обработку данных измерений и полученных показателей с точки зрения их представления в виде, удобном для восприятия лицами, принимающими решения;

- формирование информационных потоков для передачи потребителям на территориальном и федеральном уровнях;

- хранение информации, не относящейся к экологическому мониторингу, однако необходимой для принятия решений в области охраны природной среды и экологической безопасности;

- контроль выполнения специализированных и тематических программ мониторинга;
- прогноз изменения состояния природной среды при существующих и планируемых экологических нагрузках на территорию;
- контроль выполнения экологических и санитарно-гигиенических нормативов, установление территориальных нормативов на основе информации экологического мониторинга.

Важная роль отводится ТИАЦ в формировании и ведении специализированных баз и банков данных. Особую роль играет составление и ведение кадастров воздушных и водных эмиссий, который формируется на основе инвентаризации источников загрязнения.

По мере формирования систем мониторинга источников воздействия на базе инструментальных методов наблюдения в системе баз и банков происходит заполнение динамических систем хранения информации.

Форматы представления и хранения информации должны предоставлять возможность отображения этой информации с помощью геоинформационных систем (ГИС) на электронных картах и в таком виде обеспечивать их доступность лицам, принимающим решения.

Геоинформационные технологии играют в системе управления данными в экологическом мониторинге важную роль не только как средство отображения информации в удобном для лиц, принимающих решения, виде, но и как важнейший инструмент идентификации состояния объекта управления.

Действительно, практически все данные, характеризующие загрязненность природных сред, состояние растительности, расположение источников эмиссий, потоки веществ между природными средами и т.д. имеют явно выраженный пространственно-временной характер. Это обстоятельство позволяет в качестве информационной модели объекта использовать информационный портрет экологической обстановки как совокупность пространственно-распределенных данных на определенной территории совместно с картоосновой местности.

Одной из важнейших характеристик информационного портрета экологической обстановки является его разрешающая способность, которая определяется масштабом используемой топоосновы. При

движении информации по иерархическим уровням управления происходит ее обобщение с потерей некоторой информации.

Наиболее наглядно эта потеря может быть продемонстрирована на примере описания источников эмиссий. При изменении масштаба информационного портрета источники эмиссий, расстояние между которыми меньше разрешающей способности портрета, будут сливаться и представляться уже как объединенный точечный источник.

В то же время такое обобщение информации или ее фильтрация представляют на соответствующих уровнях управления только те данные, которые необходимы управленческим структурам для решения задач в пределах их компетенции.

### 2.3.2.3. Территориальный уровень.

#### Организация единой территориальной государственной системы экологического мониторинга (АТСЭМ) в Алтайском крае

"Положение о системе экологического мониторинга на территории Алтайского края" принято 26 июня 1996 г.

Целью создания АТСЭМ является информационное обеспечение управления в сфере охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов, обеспечения экологически безопасного устойчивого развития страны и ее регионов, ведения государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и экосистем, природных ресурсов, источниках и процессах антропогенного воздействия и является составной частью информационной системы Алтайского края.

Основными задачами АТСЭМ являются:

- проведение с определенными пространственным и временным разрешением сопряженных наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды и экосистемами, источниками антропогенных воздействий;

- проведение оценок состояния окружающей среды, экосистем территории страны, источников антропогенного воздействия при

различных условиях размещения производительных сил, социальных и экономический сценариях развития страны и ее регионов;

- прогнозирование состояния окружающей среды, экосистем, источников антропогенного воздействия;

- прогнозирование состояния окружающей среды, экосистем, уровней антропогенного воздействия в процессе развития производительных сил края;

- предварительная оценка экологических последствий чрезвычайных событий.

В соответствии основными задачами АТСЭМ выполняет следующие функции:

- подготовка и обеспечение нормативно-правового обоснования создания и функционирования территориальной системы экологического мониторинга (Положения, соглашения, договоры между участниками системы);

- разработка организационно-экономических механизмов управления системой (концепция, программа, протоколы и договоры передачи и обмена информацией, информационные связи и потоки обмена, регламенты пользования);

- создание научно-методического, технического, информационного, метрологического обеспечения системы экологического мониторинга с учетом региональных особенностей края;

- выбор объектов экологического мониторинга, подготовка программ наблюдений и контроля;

- обоснование критериев экологической безопасности и разработка структуры необходимых потоков информации и баз данных;

- организация сбора, хранения, обработки и анализа данных о состоянии окружающей среды;- подготовка картоосновы для создания геоинформационных систем;

- создание (приобретение) программного обеспечения для прогнозирования экологической обстановки на территории края;

- обеспечение связи и передачи информации в информационно-аналитические центры.

## II. Структура АТСЭМ

АТСЭМ создается на основе территориально-ведомственного принципа построения, предусматривающего максимальное использование возможностей существующих межведомственных и ведомственных систем мониторинга состояния окружающей природной среды, источников антропогенного воздействия, природных ресурсов, экосистем.

В АТСЭМ выделяются базовые и специализированные подсистемы мониторинга и подсистемы обеспечения функционирования системы в целом.

Базовые подсистемы создаются на основе служб наблюдения природных сред и природных ресурсов специально уполномоченных в области охраны окружающей среды территориальных органов, осуществляющих мониторинг:

Состояния атмосферы, поверхностных вод суши, фоновый мониторинг	Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (АЦГМС)
---	---

Водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод	Алтайский краевой комитет водного хозяйства
---	---

Геологической среды, включая мониторинг подземных вод и опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов	Алтайское представительство Южно-Сибирского территориального комитета по геологии и использованию недр (Южсибгеолком)
---	---

Земель, почвенного покрова	Комитет по земельным ресурсам и землеустройству Алтайского края
----------------------------	---

Наземной флоры (кроме лесов), фауны, источников антропогенного воздействия	Алтайский краевой комитет экологии и природных ресурсов
--	---

Лесов	Алтайское управление лесами
-------	-----------------------------

Специализированные подсистемы осуществляют мониторинг:

Рыб, других водных животных и растений	Алтайский краевой комитет экологии и природных ресурсов
--	---

Околоземного космического пространства	Алтайский краевой комитет экологии и природных ресурсов
--	---

Воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения (в рамках системы социально-гигиенического мониторинга)	Алтайский краевой центр Госсанэпиднадзора
Промысловые виды животных хозяйства	Департамент охотничьего
Сельскохозяйственной продукции	Главное управление сельского хозяйства и продовольствия администрации края

В АТСЭМ функционируют подсистемы обеспечения, к которым относятся:

- топографо-геодезическое и картографическое обеспечение, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем;
- электронные системы передачи данных.

В АТСЭМ могут быть образованы и другие подсистемы, решающие тематические целевые задачи с учетом особенностей края.

#### Основные принципы организации и функционирования АТСЭМ

АТСЭМ входит составной частью в ЕГСЭМ. Вопросы ее организации и функционирования относятся к совместной компетенции Алтайского краевого комитета экологии и природных ресурсов Минприроды России и администрации Алтайского края.

АТСЭМ функционирует в следующих режимах:

- повседневном (в отсутствии аварийной обстановки на подконтрольных объектах и территориях), когда наблюдения и обмен информацией производятся по установленным программам и регламентам для повседневного режима;
- режиме чрезвычайных ситуаций, когда наблюдения и обмен информацией обеспечиваются круглосуточно и направлены на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Программы экологического мониторинга, осуществляемого АТСЭМ, должны определять:

- контрольные уровни наблюдаемых величин;

- места проведения наблюдений и отбора проб;
- вид и частоту наблюдений;
- точность получаемых данных;
- методы измерений, отбора проб и последующего лабораторного анализа;
- методы статистической обработки;
- исполнителей работ, выполняемых по программе.

Элементы АТСЭМ и ЕГСЭМ объединяются методологически, метрологически и информационно.

АТСЭМ предусматривает свободный доступ заинтересованных органов, организаций, предприятий, частных лиц к информации о деятельности Системы, АТСЭМ обеспечивает конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Вся информация, получаемая в АТСЭМ, является государственной собственностью.

## **2.4. Импактный мониторинг**

В зоне влияния источников эмиссии организуется систематическое наблюдение за следующими объектами и параметрами окружающей природной среды:

1. Атмосфера: химический и радионуклидный состав газовой и аэрозольной фазы воздушной сферы; твердые и жидкие осадки (снег, дождь) и их химический и радионуклидный состав; тепловое и влажностное загрязнение атмосферы.

2. Гидросфера: химический и радионуклидный состав поверхностных вод (реки, озера, водохранилища и т.д.), грунтовых вод, взвесей и донных отложений в природных водостоках и водоемах; тепловое загрязнение поверхностных и грунтовых вод.

3. Почва: химический и радионуклидный состав деятельного слоя почвы.

4. Биота: химическое и радионуклидное загрязнение сельскохозяйственных угодий, растительного покрова, почвенных зооценозах, наземных сообществ домашних и диких животных, птиц, насекомых, водных растений, планктона, рыб.

5. Урбанизированная среда: химический и радиационный фон воздушной среды населенных пунктов, химический и радионуклидный состав продуктов питания, питьевой воды и т.д.

6. Население: характерные демографические параметры (численность и плотность населения, рождаемость и смертность, возрастной состав, заболеваемость, уровень врожденных уродств и аномалий); социально-экономические факторы.

### **3. СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ СРЕД И ЭКОСИСТЕМ**

Системы мониторинга природных сред и экосистем включают в себя средства наблюдения: экологического состояния воздушной среды, экологического состояния поверхностных вод и водных экосистем, экологического состояния геологической среды и наземных экосистем.

Наблюдения в рамках этого вида мониторинга проводятся без учета конкретных источников эмиссии и не связаны с зонами их влияния. Основной принцип организации - природно-экосистемный.

Целями наблюдений, проводимых в рамках мониторинга природных сред и экосистем, являются:

- оценка состояния и функциональной целостности среды обитания и экосистем;
- выявление изменений природных условий в результате антропогенной деятельности на территории;
- исследование изменений климата (многолетнего экологического состояния) территорий.

#### **3.1. Мониторинг атмосферы**

##### *3.1.1. Основные задачи и содержание мониторинга загрязнения атмосферы*

Мониторинг загрязнения атмосферы осуществляется на трех основных уровнях:

- импактном;

- региональном;
- глобальном.

Контроль за источниками загрязнения воздушного бассейна осуществляется в ходе плановых и срочных посещений предприятий, ходе которых проверяется состояние пылегазоочистного оборудования, эффективность его работы, степень оснащённости источников вредных выбросов аппаратами газоочистки. Правильность данных отчетности предприятий по выбросам устанавливается путем технологических балансов производства, рабочих журналов, отражающих операции по поддержанию регламентных режимов технологических процессов, а также путем инструментальных замеров и отборов проб отходящих газов с последующим их анализом в лабораториях контроля выбросов вредных веществ.

Мониторинг на импактном уровне представляет собой оперативно-информационную подсистему режимных наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха основными и специфическими вредными веществами, содержащимися в газах, выбрасываемых предприятиями и транспортом.

Мониторинг осуществляется на сети стационарных постов, расположенных в основных селитебных зонах городов и промышленных центров, а также на границах санитарно-защитных зон промышленных районов.

Наблюдения на сети стационарных постов дополняются постоянными маршрутными и подфакельными наблюдениями, осуществляемыми с помощью специальных передвижных лабораторий.

Анализ данных импактного мониторинга и их ежегодное обобщение с ретроспективным обзором позволяет выявить тенденции изменения качества атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, что необходимо для оценки эффективности принимаемых мер по охране воздушного бассейна на конкретной территории.

За качеством атмосферного воздуха населенных пунктов наблюдения ведутся со стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постов. На стационарных устанавливаются специальные павильоны типа "Пост-1", "Пост-2", "Воздух", оснащенные аппаратурой для отбора проб воздуха и приборами для определения метеорологических параметров (направления воздуха, атмосферного давления).

На маршрутных постах проводится систематический отбор проб воздуха и метеорологические наблюдения с помощью передвижных автолабораторий типа "Атмосфера II". Передвижные наблюдения с автомашины эпизодически проводятся для определения концентрации вредных веществ под дымовыми или газовыми факелами предприятий на расстоянии не менее 500 м от источника выбросов.

Пункты наблюдения размещаются обычно на сравнительно открытых и продуваемых местах с непылящим покрытием (асфальт, газон, твердый грунт) в центральной части города, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь наиболее загрязненных), зонах отдыха, вблизи магистралей с интенсивным движением автотранспорта.

Проблема оптимального размещения необходимого и достаточного количества пунктов наблюдения носит весьма сложный характер. Казалось бы, с увеличением числа постов и учащением наблюдений на них характеристика временных и пространственных изменений состояния атмосферы будет намного полнее. Однако уже накоплено много материалов о пространственной структуре концентрации примесей в атмосфере городов, кроме этого функционирование сети требует существенных материальных и трудовых затрат, а увеличение числа постов приводит к резкому росту объема информации, которая полностью не может использоваться.

Результаты выполненных исследований показали, что даже при значительном числе постов и малых расстояниях между ними значения наблюдаемых концентраций примесей в каждый момент получаются с существенной погрешностью из-за реальной погрешности метода измерений, которая может быть больше измеренного значения концентрации. Поэтому увеличение плотности размещения постов наблюдения и уменьшение расстояния между ними лишь в небольшой степени повышают точность оценки пространственного распределения уровня загрязнения. Более важно повысить точность измерений. То есть практически можно ограничиться одним стационарным пунктом на площади 10-15 кв.км; в пересеченной местности и при неравномерном расположении производственных объектов плотность размещения пунктов следует увеличить.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха и метеопараметрами на стационарных постах должны проводиться

круглогодично, во все сезоны, независимо от погодных условий. Для постов наблюдений ГОСТ 17.2.3.07-86 "Правила контроля воздуха населенных пунктов" устанавливает четыре программы наблюдений: полную, неполную, сокращенную и суточную.

По полной программе наблюдения выполняются ежедневно в 1, 7, 13 и 19 ч. по местному времени с получением информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по неполной программе с целью получения информации о разовых концентрациях вредных примесей проводятся в сроки 7, 13 и 19 ч., по сокращенной программе в 7 и 13 ч. при температуре ниже 45 градусов Цельсия в местах, где содержание примесей низкое. В случае экстремально высокого загрязнения, неблагоприятных метеоусловий и роста содержания загрязняющих веществ предусматривается проведение учащенных наблюдений /30/.

При организации ОГСНК первоначально ставилась задача определения содержания выбрасываемых в атмосферу почти всеми источниками основных загрязняющих веществ (взвешенных - пыли, диоксида серы, окиси углерода, окислов азота). Далее дополнительно стали определять содержание в атмосфере веществ, характерных для каждого предприятия города: сероводорода и сероуглерода в городах с предприятиями целлюлозно-бумажной и химической промышленностью, фенола, металлов, аммиака и цианистого водорода в городах с предприятиями металлургии; сажи, свинца, бенз(а)пирена - в районах значительного скопления автотранспорта. В настоящее время на постах наблюдения в в стране ведется определение содержания более ста специфических вредных примесей.

Выбор с целью контроля содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе определяется в зависимости от количества выбросов этих веществ, их класса опасности, характерного размера города, рассеивающей способности атмосферы данного района. В тех случаях, когда выбросы невелики, создаваемая ими наземная концентрация примеси может оказаться на уровне фоновых значений; контроль за содержанием таких веществ не нужен.

Принцип выбора вредных веществ для контроля основан на использовании параметра потребления воздуха, т.е. объема воздуха, необходимого для разбавления выбросов вещества до уровня концентрации, не превышающей гигиенический норматив.

Методика, разработанная в Главной геофизической лаборатории позволяет составить приоритетные списки специфических загрязняющих веществ для городов с пунктами наблюдения, а также для определения приоритетности городов и поселков, где сеть наблюдений еще отсутствует и необходима ее организация.

Для установления приоритетного списка загрязняющих веществ чрезвычайно важна достоверность данных инвентаризации выбросов. Контроль за многими специфическими веществами существенно повышает информативность сети наблюдений, позволяет более полно оценить состояние атмосферы.

Загрязняющими атмосферу примесями являются газы, пары и твердые частицы. Для отбора проб воздуха используются приборы и устройства, которыми оборудованы павильоны (лаборатории типа "Пост") в пункте наблюдения. Система отбора состоит из воздухозаборной линии, распределительной гребенки для подключения поглотительных приборов, побудителей расхода воздуха и устройств, регистрирующих объем пропускаемого воздуха (реометры, ротаметры, счетчики). Пробы подразделяются на разовые, отобранные в течение 20-30 минут и средние суточные, определяемые осреднением 4-разовых проб, взятых через равные промежутки времени в течение суток.

По принципу отбора проб примеси легко разделить на аэрозоли, присутствующие в воздухе в виде твердых и жидких частиц с малой скоростью осаждения, и газовые примеси.

Пробы воздуха на содержание аэрозолей и крупных частиц пыли отбираются на аэрозольные фильтры различных типов; в основном фильтры изготавливаются из волокон полимеров. Они позволяют с высокой эффективностью улавливать взвешенные в воздухе частицы при оптимальной скорости прокачивания воздуха. Побудителем расхода являются электроаспираторы типа ЭА-2С, ЭА-3, автомобильный аспиратор. Все эти устройства обеспечивают значительную скорость прокачивания 100-200 л/мин; объем отобранной разовой пробы составляет 2-4 куб.м и более.

Отбор разовых проб для определения содержания газовых загрязняющих веществ проводится на практике тремя способами:

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

- с помощью пленочных сорбентов в так называемые сорбционные трубки. В трубках стеклянные гранулы покрыты пленкой невысыхающего реагента. Развитая поверхность позволяет поглощать определенную часть (вредное вещество) из воздуха;

- в резиновые камеры или стеклянные емкости;

- на газовые примеси ведется с помощью электроасpirаторов моделей ЭА-822, ЭА-1, ЭА-1А, ПРУ. Скорость прокачивания воздуха составляет 0,25-10 л/мин, а объем протянутого воздуха соответственно 5-200 л.

Внедрение методов отбора проб на пленочные сорбенты, разработанных в Главной геофизической лаборатории, демонстрирует преимущество перед жидкостными поглотителями. Раствор, нанесенный на гранулы, не испаряется при высоких температурах и не замерзает при низких; сорбционные трубки можно хранить в холодильнике, пересылать любым транспортом; они более компактны и менее хрупки.

Внедрение метода отбора проб на газовые примеси с помощью сорбционных трубок позволило расширить сеть мониторинга загрязнения атмосферы в городах, где нет лабораторий - осуществить так называемый безлабораторный контроль. Регулярная (еженедельная) доставка приготовленных к отбору сорбционных трубок на пост наблюдения из кустовой лаборатории обеспечивает получение режимной информации о загрязнении атмосферы.

Для проведения параллельных отбору проб метеорологических наблюдений за направлением и скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха, давлением лаборатория "Пост" оборудована комплектом дистанционных приборов М-49, М-63 и ручных - анемометров, аспирационных психрометров, анероидов и др.

Для получения достоверной информации о загрязнении атмосферы необходимы надежные методы анализа отобранных проб. Основными требованиями к ним являются селективность и точность определения, воспроизводимость и предел обнаружения, составляющий 0.8 ПДК, экспрессность, низкая стоимость и доступность используемых химических реактивов. Используемые методы должны быть едины на всей сети. Отобранные на постах пробы доставляются в лабораторию, где проводится анализ.

Основные методы, используемые при анализе вредных примесей в атмосфере:

- фотометрический, основанный на сравнении оптических плотностей исследуемого и контрольного растворов. Этим методом в настоящее время определяется содержание практически всех газовых примесей (кроме окиси углерода). Используются однолучевые фотоколориметры КФК-2, КФК-3, спектрометры СФ-26, СФ-46, двухлучевые ФЭК-56М и др.;

- газохроматографический, основанный на селективном разделении соединений между двумя фазами (подвижной и неподвижной). Этот метод позволяет определить ничтожно малые количества веществ, не обладающих специфическими реакциями. Способ отбора проб воздуха с учетом необходимости концентрирования анализируемого вещества требует новых типов сорбентов, обеспечивающих полноту поглощения. Определение содержания углеводородов, органических кислот, пестицидов и других распространенных примесей требует создания крупных специализированных лабораторий с современной аппаратурой;

- спектрально-эмиссионный, в основе которого лежит излучение световой энергии атомами, ионами. Линейчатые спектры излучения не зависят от вида химических соединений, поэтому этот вид анализа используется для определения, например, металлов во взвешенных частицах;

- атомно-абсорбционный, основанный на способности свободных атомов элементов селективно поглощать резонансное излучение. По сравнению со спектрально-эмиссионным данный метод наиболее универсален, высокопроизводителен, особенно при серийных анализах; используется для определения тяжелых металлов в атмосферном воздухе.

Одним из путей совершенствования системы наблюдений является внедрение автоматизированных средств контроля: на первом этапе это измерение концентраций оксида углерода в дискретном и непрерывном режиме с помощью газоанализаторов ГМК-3 и "Палладий-3"; диоксида серы с помощью газоанализатора ГПК-1; использование для подфакельных обследований газоанализаторов "Атмосфера-1" и "Атмосфера-2".

На отдельных стационарных постах в стране внедрено автоматизированное средство для отбора проб "Компонент", обеспечивающее включение устройства для отбора проб газовых примесей без участия человека каждые 3 часа.

Второй этап предусматривает внедрение автоматизированных систем наблюдения и контроля, предназначенных для сбора, обработки и передачи информации об уровне загрязнения атмосферы в информационные центры, где ведется оперативная оценка ситуации по значениям ПДК и составляется краткосрочный прогноз уровня загрязнения контролируемые примесями.

При анализе данных наблюдений и оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха используются статистические методы, в которых концентрации примесей рассматриваются как случайные величины, в разные моменты времени принимающие разные значения. Статистические характеристики при обработке информации обычно рассчитываются за месяц, полугодие, год и т.д. из всех данных наблюдений за соответствующий период на определенном посту и на нескольких постах - в целом по городу.

Наиболее распространенными характеристиками уровня загрязнения атмосферы являются средняя концентрация примеси, среднее квадратическое отклонение, максимальная концентрация, повторяемость случаев с концентрацией выше ПДК, выше 5 и 10 ПДК.

Для сопоставимости результатов наблюдений, полученных в разных районах и в разное время, необходимо использовать единые унифицированные методы отбора и анализа, а также обработки и передачи информации.

По степени срочности информация подразделяется на три категории: экстренная, оперативная и режимная.

Экстренная информация а возникшем или ожидаемом экстремально высоком загрязнении атмосферы атмосферы и аварийных (залповых) выбросах загрязняющих веществ передается в контролирующие органы незамедлительно. Под экстремально высоким загрязнением атмосферы понимается:

- содержание одного или нескольких веществ, превышающих предельно допустимую концентрацию: в 20-29 раз при сохранении этого уровня более 2 суток; в 30-49 раз - от 8 часов и более; в 50 и более раз.

Визуальные признаки:

- появление устойчивого, не свойственного данной местности (сезону) запаха;

- обнаружение влияния воздуха на органы чувств человека -резь в глазах, слезотечение, затруднение дыхания, покраснение или

другие изменения кожи (одновременно у нескольких десятков человек), рвота и др.;

- выпадение подкрашенных дождей и других атмосферных осадков, появление в осадках специфического запаха или несвойственного привкуса.

Оперативная информация содержит обобщенные результаты наблюдений за месяц в форме таблиц, справок. Режимная информация, содержащая оценку состояния загрязнения атмосферы, данные о средних и наибольших уровнях за длительный период (год), тенденцию изменения уровня в многолетнем режиме, обычно имеет форму обзоров, ежегодников.

Мониторинг на региональном уровне осуществляются в рамках выполнения совместных программ специализированными станциями, анализирующими содержание атмосферных примесей в приземном слое воздуха и атмосферных выпадениях на подстилающую поверхность. Данные о трансграничном загрязнении воздуха с помощью специальных самолетов-лабораторий.

Данные мониторинга, осуществляемого на региональном уровне учитываются в расчетах трансграничных потоков и выпадений загрязняющих веществ.

Мониторинг глобального загрязнения атмосферного воздуха осуществляется на фоновых станциях. В программу работ этих станций входит измерение наиболее важных загрязнителей, воздействующих на биоту.

### *3.1.2. Автоматизированные системы контроля загрязнения воздуха*

Экологический бум конца 60-х - начала 70-х годов, введение экономических санкций за загрязнение воздуха, конкуренция фирм обусловили появление разнообразных систем контроля за качеством воздуха во всех развитых странах мира.

В целом развитие автоматизированных систем контроля загрязнения воздуха (АСКЗВ) за рубежом идет по пути применения все более совершенной техники, наращивания числа станций и автоматических датчиков для определения вредных примесей; объединение отдельных станций в системы, а локальных систем - в региональные и общегосударственные.

Автоматизированные системы контроля загрязнения воздуха (АСКЗВ) имеют многоуровневую структуру.

Станции контроля замеряют концентрации диоксида серы, окиси азота, окиси углерода, двуокиси азота, озона и ингредиентов, характерных для данной местности, температуру, влажность и солнечную радиацию.

Данные с этих станций поступают в ЭВМ региональных центров, задачами которых является:

- ежеминутное получение данных от станций, их обработка, осреднение на разные периоды;
- передача данных в центр;
- контроль за устройствами ввода и вывода.

Задачи ЭВМ центра:

- синхронизация работы всей национальной системы,
- организация связи с ЭВМ регионов,
- контроль периферийных устройств,
- накопление, обработка и выдача информации потребителю,
- выдача сообщений предприятиям о необходимости устранения или предотвращения критического загрязнения в данном районе.

В нашей стране наблюдения за загрязнением воздуха и других сред осуществляют службы Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды.

В настоящее время "атмосферная" подсистема практически полностью базируется на так называемых ручных измерениях, а точнее на отборе проб ручными методами с последующим их лабораторным анализом.

Отбор проб осуществляется на базе стационарных постов наблюдения - серебристых павильонов, размещаемых в наиболее репрезентативных точках городов.

Только незначительная часть постов оборудована элементами автоматизированной технологии, т.е. в них установлены газоанализаторы и пробоотборники с программно-временными устройствами.

Однако и в этих случаях анализы выполняются с участием человека, а отобранные пробы отвозятся в лабораторию.

Работы по созданию систем типа АНКОС ("Автоматизированные наблюдения и контроль окружающей среды") были начаты немного позднее, чем создание сети ручных наблюдений. Однако темпы охвата территории страны оказались

существенно ниже, чем у ручной сети. Сегодня, тем не менее, уже создается третье поколение систем типа АНКОС.

Основная цель АНКОС - это своевременное представление потребителям информации о фактическом и прогнозируемом загрязнении воздуха городов для принятия оперативных и планирования перспективных мер по борьбе с загрязнением. АНКОС имеет двухуровневую структуру:

- на первом уровне - станции контроля, могут быть также передвижные рабочие группы с газоаналитической лабораторией;

- на втором уровне - центр обработки информации (ЦОИ), включающий диспетчерский персонал, информационно-вычислительный комплекс (ИВК), средства отображения, регистрации и размножения информации, средства связи, подготовки и передачи данных, обслуживающий персонал.

Задачи первого уровня:

- замеры концентраций ингредиентов и метеопараметров ( $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ , сумма углеводородов, скорость и направление ветра, температура, точка росы). Периодичность выбирается диспетчером из ряда 1/2, 1, 2, 4, 6, 12 часов. Автономная работа станций - 15 суток. Периодичность передвижной рабочей группы и газоаналитической лаборатории выбирается персоналом;

- предварительная обработка данных, перевод в физические величины для передачи в ЦОИ.

Задачи второго уровня (ЦОИ):

- централизованный сбор данных ;
- обработка и анализ поступающей информации для оценки достоверности;

- анализ возникающих ситуаций;

- оперативное прогнозирование уровня загрязнения;

- ретроспективная обработка информации для научных исследований и совершенствования системы ;

- подготовка и передача потребителям штормовой (аварийной), итоговой и прогнозируемой информации о состоянии контролируемого воздушного бассейна.

В начале 80-х годов в Москве была введена в действие первая опытная система АНКОС, а затем в 1985-86 гг. в Ленинграде головной образец второго поколения таких систем. Это поколение систем не получило широкого распространения из-за низких надежностных характеристик газоанализаторов. Однако в настоящее время в гг.

Москве, Кемерово, Казани, а также на Одесском припортовом заводе системы типа АНКОС-АГ (атмосфера-головная) работают. Сегодня на выходе у разработчиков новое поколение программно-технических средств для систем типа АНКОС-АМ (атмосфера - модернизированная). Это и газоанализаторы со встроенными микро-ЭВМ, это и существенно более развитые контроллеры в составе АСКЗА и в ЦОИ.

Разработчиками и поставщиками систем типа АНКОС на объекты является Казанское НПО "Нефтепромавтоматика", включившееся в работы по созданию систем во второй половине семидесятых годов и на сегодняшний день являющееся ведущим в проблеме.

Создание полностью автоматизированной системы в настоящее время невозможно. Однако есть реальные возможности расширить круг задач, решаемых системой в первую очередь введением в нее автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера-эколога.

В распоряжении диспетчера-эколога должен находиться ряд служб, используя которые он обязан собрать максимум информации о качестве воздуха, на основе ее обработки оценить текущую ситуацию и ближайшую перспективу экологической обстановки в городе, в случае необходимости выработать рекомендации для ее (обстановки) улучшения.

В своей работе диспетчер-эколог может использовать во-первых, сеть стационарных станций с газоанализаторами и приборами замера метеоусловий (например, посты АНКОС). Во-вторых, ему должны быть приданы передвижные аналитические лаборатории для взятия проб воздуха. Диспетчер-эколог может направить такую лабораторию в любую точку города для взятия проб воздуха и замера концентраций ингредиентов. Ее можно послать и для анализа выбросов на конкретном источнике загрязняющих веществ. Для ремонта возникающих неисправностей стационарных станций и передвижных лабораторий в распоряжении диспетчера ремонтная бригада.

Далее, диспетчер-эколог должен иметь связь с метеоцентром, где он может получать краткосрочные прогнозы погодных условий, с предприятиями - источниками загрязнений (для передачи требования о переходе на щадящий режим при неблагоприятных метеоусловиях или сложной экологической обстановке, для получения сведений о наличии повышенных выбросов, сроках их устранения и т.п.), с такими

городскими службами как отдел Госкомприроды, санэпидемстанция, исполком, ГАИ.

Наконец, диспетчеру необходимо АРМ с персональной ЭВМ и некоторым банком данных. В банк собирается вся информация поступившая в центр, в нем хранится также справочная информация (например, паспортные данные источников загрязнения, различные ПДК и т.д.). В персональной ЭВМ содержится банк моделей и экспертная система. Среди моделей могут быть следующие:

- модель расчета любого ингредиента в любой точке города при заданных выбросах источника и фиксированных погодных условиях (такая модель в виде математических уравнений уже разработана, имеется и программа для ПЭВМ, реализующая эту модель);

- модель интерполяции поля загрязнения, которая позволяет рассчитать концентрацию любого ингредиента в любой точке города при известных концентрациях того же ингредиента в нескольких фиксированных точках (местах взятия проб воздуха). Такая модель разработана, однако точность ее результата неоднородна, т.е. зависит от расположения точки расчета, направления и силы ветра, от удаления точки расчета от мест взятия проб. Диспетчер-эколог может воспользоваться этой моделью, чтобы выявить область возможного сильного загрязнения и для уяснения экологической обстановки направить туда передвижные лаборатории.

В реальной ситуации диспетчер не будет знать действительных выбросов каждого ингредиента каждым источником, а может лишь ориентироваться на паспортные данные источников. Поэтому в первой модели неточными оказываются исходные данные (что определяет в совокупности с погрешностью метода погрешность результата), а во втором погрешность зависит от выбора точки расчета. Таким образом, обе модели могут дополнять друг друга;

- модель определения источника повышенного выброса (в частном случае аварийного выброса, разового или длящегося достаточно долго). Такая модель на основе анализа метеобстановки и данных о загрязнении воздуха в состоянии определить источник повышенного выброса и указать его хотя бы в числе одного-двух-трех. Имея связь с предприятиями, а также используя передвижные лаборатории, диспетчер может однозначно определить то предприятие, выбросы которого превышают паспортные (если, конечно, такое предприятие имеется);

- модель оценки текущей экологической обстановки использует предшествующие и настоящие погодные условия и результаты проб воздуха, чтобы определить те районы города в которых есть повышение концентрации по тем или иным ингредиентам, затем проанализировать причины таких повышений, оценить длительность таких ситуаций и на основании такого анализа дать общую оценку экологической обстановки на текущий момент;

- модель прогноза экологической обстановки по текущим данным замеров концентраций ингредиентов, по текущим данным о выбросах предприятий (паспортным или уточненным), по текущим и прогнозируемым метеоусловиям - должна определить характер экологической обстановки на несколько часов вперед ( на очередные сутки). На основе этой информации диспетчер может выбрать рекомендации, направленные на стабилизацию обстановки, если она прогнозируется неблагоприятной. Особое внимание требуется уделять диспетчеру неблагоприятным метеоусловиям (при штиле может оказаться превышение ПДК по многим ингредиентам даже в случае деятельности всех предприятий в пределах ПДВ), а также предприятиям, допустившим повышенные выбросы;

- экономическая модель может вести все расчеты, связанные с определением платы для каждого предприятия за его выбросы, с контролем выплаты в срок, с наложением штрафов за превышение ПДВ, с оптимальным распределением денежных средств на природоохранные мероприятия, на очистку стоков, выбросов, на создание новых газоанализаторов и т.д.

В Казанском НПО "Нефтепромавтоматика" разрабатывается экспертная система по оценке городского атмосферного воздуха и выбору мероприятий по улучшению экологической обстановки в городе в случае ее ухудшения. Часть перечисленных выше моделей войдет в экспертную систему, но диспетчер-эколог в случае необходимости должен иметь возможность воспользоваться моделью и напрямую.

В банке программ должны быть также программы вывода печатных документов, содержащие сводные данные.

### **3.2. Мониторинг гидросферы**

Глобальный характер проблем загрязнения и эволюции экосистем Мирового океана определяет все более активное объединение ученых на международной основе, отражающее стремление человечества овладеть законами океана и сохранить его богатства для будущих поколений.

В экологии моря концентрируются наиболее важные проблемы современной океанологии (процессы взаимодействия океана и атмосферы в связи с изменением климата и др.), гидрохимии (влияние загрязняющих веществ на биогеохимические циклы углерода, азота, серы; образование металлорганических комплексов и их накопление в компонентах морской экосистемы и др.), молисмологии (влияние загрязняющих веществ на усвоение биогенных элементов фитопланктоном, микроорганизмами; влияние химических токсикантов на биологические процессы и пр.), гидротехники (обрастание судов в хронически загрязненных нефтью районах моря и пр.).

В настоящее время внимание мировой экологической науки в этой области сосредоточено вокруг следующих важнейших вопросов:

- комплексный анализ состояния морской среды;
- биогеохимические циклы загрязняющих веществ;
- оценка ассимиляционной емкости и резерва морской экосистемы.

Вопросы мониторинга загрязнения Мирового океана и оценки его состояния составили предмет изучения ряда национальных и международных программ, которые осуществляются в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирной метеорологической организации (ВМО), Международной океанографической комиссии (МОК).

В последние десятилетия проведены обширные исследования по оценке химического загрязнения вод Мирового океана.

### *3.2.1. Основные задачи и содержание мониторинга загрязнения поверхностных вод в Российской Федерации*

Контроль загрязнения поверхностных вод производится регулярно специально созданной сетью пунктов наблюдения. Порядок организации и проведения наблюдений на этих пунктах определен ГОСТ 17.1.3.07.-82 и Методическими указаниями по принципам

организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК.

Разработанная система контроля предусматривает согласованную программу работ по гидрохимии, гидрологии, гидробиологии и получение данных, характеризующих качество воды по физическим, химическим, гидробиологическим показателям.

Важнейшей задачей контроля качества поверхностных вод является правильный выбор пунктов наблюдения, под которым понимается место на водоеме или водотоке, где производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Согласно ГОСТ пункты наблюдения в зависимости от народнохозяйственного значения водных объектов, их размеров и экологического состояния подразделяются на 4 категории:

Таблица 5  
Расположение и категория пунктов наблюдения  
на водных объектах

Категория пункта	Расположение пунктов с учетом комплекса факторов	
	Народнохозяйственное значение водоема или водотока	Состояние воды водоема или водотока
I	Районы городов с населением свыше 1 млн. человек; место нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов	Районы повторяющихся аварийных сбросов и заморных явлений водных организмов; районы организованного сброса сточных и высокой загрязненности природных вод (превышение 100 ПДК по одному или нескольким показателям качества воды)

II	Районы городов с населением 0.5-1 млн человек; районы важного рыбохозяйственного значения (места нереста и зимовья ценных видов промысловых организмов, предплотинные участки рек); при пересечении реками государственной границы	Районы организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается систематическая средняя загрязненность воды (превышение ПДК от 10 до 100 по одному или нескольким показателям качества воды)
III	Районы городов с населением менее 0.5 млн человек; замыкающие створы больших рек и водоемов	Районы организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается систематическая загрязненность воды до 10 ПДК по одному или нескольким показателям качества воды
IV	Районы территории государственных заповедников и национальных парков; водоемы и водотоки, являющиеся уникальными природными образованиями	Незагрязненные участки водоемов и водотоков

Пункты наблюдения могут включать один или несколько створов, которые представляют собой условно поперечные сечения водоема или водотока. Расположение створов наблюдения зависит от гидрологических и морфологических особенностей водного объекта, положения источников загрязнения, объема и состава сточных вод, интересов водопользователей.

Один створ устанавливается на водотоках, не имеющих организованного сброса сточных вод, в устьях загрязненных притоков, на замыкающих и предплотинных участках рек, в местах пересечения государственной границы.

Два створа и более устанавливаются на водотоках с организованным сбросом сточных вод. Один из них располагают в 1 км выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, другие - ниже источника или группы источников сточных вод. Расположение створов ниже источника загрязнения определяется характером распространения загрязняющих веществ и устанавливается в местах достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных и речных вод и

на участках, указанных в "Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами".

При контроле качества воды всего водоема устанавливается не менее трех створов, равномерно распределенных по акватории. Для наблюдения за качеством воды на отдельных загрязненных участках водоема створы располагаются также, как и на водотоках: первый на 1 км выше источника загрязнения, остальные - ниже, на расстоянии 0.5 км от сброса сточных вод, и за границей загрязненной зоны. На водоемах с умеренным и замедленным водообменом один створ устанавливается вне зоны влияния сточных вод, другой совмещается с местом сброса загрязненных стоков, остальные (не менее двух) располагаются по обе стороны от источника загрязнения, на расстоянии 0.5 км от него, и за границей зоны загрязнения.

В створе водного объекта может быть несколько вертикалей с опробованием воды из разных горизонтов. Количество вертикалей в створе определяется шириной зоны загрязнения, условиями смешения природных и сточных вод.

Количество горизонтов на вертикали зависит от глубины водного объекта. При глубине до 5 м устанавливается один горизонт на расстоянии 0,3 м от поверхности воды. В водных объектах с глубиной 5-10 м исследуются два горизонта - поверхностный и придонный (0.5 м от дна). При глубине 10-100 м устанавливаются 3 горизонта: поверхностный, на половине глубины и придонный.

"Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК" определяют состав программ наблюдений за качеством поверхностных вод.

Таблица 6

Состав программ наблюдений за качеством поверхностных вод

Показатели	Программа			
	Обязательная	Сокращенная		
		I	II	III
Расход воды, куб.м/с	+	+	+	+
Скорость течения, м/с	+	-	-	+
Уровень воды, м	+	+	+	+
Визуальные наблюдения	+	+	+	+
Температура, град.С	+	+	+	+
Цветность, град.	+	-	-	-
Прозрачность, см	+	-	-	-
Запах, баллы	+	-	-	-
Кислород, мг/куб.дм	+	+	+	+
Диоксид углерода, мг/куб.дм	+	-	-	-
Взвешенные вещества мг/куб.дм	+	-	+	+
Водородный показатель рН	+	-	+	+
Окислительно-восстановительный				

потенциал,Еh,мВ	+	-	-	-
Удельная электрическая проводимость, См/см	+	+	+	-
Содержание веществ, мг/куб.дм:				
Сl <sup>-</sup>	+	-	-	-
(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	+	-	-	-
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	+	-	-	-
(Ca) <sup>2+</sup>	+	-	-	-
(Mg) <sup>2+</sup>	+	-	-	-
Na <sup>+</sup>	+	-	-	-
K <sup>+</sup>	+	-	-	-
Сумма ионов	+	-	-	-
(NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup>	+	-	-	-
(NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	+	-	-	-
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	+	+	+	+
(PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	+	-	-	-
Fe общ.	+	-	-	-
Si	+	-	-	-
БПК <sub>5</sub>	+	-	+	+
ХПК	+	-	-	-
Нефтепродукты	+	-	-	-
СПАВ	+	-	-	-
Фенолы	+	-	-	-
Пестициды	+	-	-	-
Тяжелые металлы	+	-	+	+
Характерные загрязняющие вещества	-	-	+	+

К характерным загрязняющим веществам могут относиться главные ионы, биогенные загрязняющие вещества, широко распространенные специфические вещества, которые в этом случае определяются по сокращенной программе 2 или 3.

Периодичность и программа наблюдений определяется категорией пункта. В пунктах I и II категорий визуальные наблюдения проводятся ежедневно. Отбор проб, гидрологические и гидрохимические наблюдения выполняются еженедельно (по сокращенной программе 2 для пунктов I сокращенной программе 1 для пунктов II категории, ежемесячно (по сокращенной программе 3) и в основные фазы водного режима (по обязательной программе).

Для большинства водных объектов наблюдения по обязательной программе производятся 7 раз в год: во время половодья - на подъеме, пике и спаде; во время летней межени - при наименьшем расходе воды и при прохождении дождевого паводка; осенью перед ледоставом; во время зимней межени.

Отбор проб воды для определения ее химического состава и физических свойств проводится в соответствии с ГОСТ 17.1.5.-85. из поверхностного горизонта пробы отбираются бутылкой или эмалированным ведром, из глубинных слоев - батометром.

Объем пробы с каждого створа составляет 7-8 л. Отобранная вода разливается в различные емкости для раздельного анализа на

отдельные ингредиенты и загрязняющие вещества. При необходимости производится соответствующая подготовка и консервация проб.

Для анализа природных вод используются фотометрические, газохроматографические, атомно-абсорбционные методы.

### *3.2.2. Автоматизированные системы контроля качества поверхностных вод*

Для оперативного контроля и управления качеством поверхностных вод разрабатываются и внедряются автоматизированные системы наблюдения типа АНКОС-ВГ, которые включают автоматические станции и передвижные гидрохимические лаборатории, предназначенные для оперативного контроля загрязнения поверхностных вод, стационарные гидрохимические лаборатории, позволяющие выполнять более сложный и точный анализ природных вод, центр обработки поступающей информации. Такие системы способны контролировать с помощью всех своих звеньев около 50 показателей и ингредиентов, из которых 17 измеряются автоматически.

Системы типа АНКОС-ВГ объединяют организационно и методически все подразделения контроля воды в зоне ее действия. Структура такой системы построена по иерархическому принципу и подразделяется на три уровня.

Первый уровень системы представляют средства оперативного получения информации, автоматические станции и передвижные гидрохимические лаборатории, которые предназначены для оперативного контроля загрязнения поверхностных вод. Основной задачей первого уровня является непрерывно-дискретный круглосуточный контроль, предварительная обработка и передача данных о состоянии поверхностных вод на диспетчерский пункт системы.

Ввиду того, что задачи оперативного контроля загрязнения поверхностных вод как в настоящий момент, так и в ближайшие 15-20 лет не могут быть решены полностью даже при наличии разветвленной и четко работающей сети автоматических станций контроля и ряд наиболее важных показателей невозможно определять автоматически, в состав системы и ее первого уровня включены неавтоматические звенья - передвижные гидрохимические-

гидробиологические лаборатории (ПГХЛ-1), которые получают требуемую гидрохимическую и гидробиологическую информацию на водном объекте и одновременно доставляют пробы для детального анализа в стационарные лаборатории.

Второй уровень - стационарные гидрохимические-гидробиологические лаборатории. Основной задачей их является получение гидрохимической и гидробиологической информации о состоянии водного объекта, которую автоматические станции и передвижные гидрохимические-гидробиологические лаборатории не выдают, с целью детального выяснения причин, приведших к повышению уровня загрязненности поверхностных вод.

Третий уровень системы - центр обработки информации, поступающей от автоматических станций, передвижных и стационарных лабораторий. В состав центра входят диспетчерский пункт с узлом связи, вычислительный комплекс, лаборатория по ремонту, наладке оборудования и метрологическому обеспечению. Задачами этого уровня являются организация связи со всеми звеньями системы и потребителями информации; техническое обслуживание средств; сбор, проверка на достоверность, обработка, хранение и выдача различных видов информации, включая оперативный краткосрочный прогноз состояния водного объекта всем заинтересованным потребителям.

По данным систематических наблюдений за качеством вод оценивается их загрязненность, выделяются участки, наиболее подверженные техногенному воздействию, т.е. проводится специальная оценка и классификация качества вод.

### **3.3. Мониторинг земель**

Земельные ресурсы являются одним из важнейших компонентов биосферы, главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве.

В последние десятилетия ускоренными темпами возрастают антропогенные нагрузки на земельные ресурсы. К наиболее значительным антропогенным факторам относится высокий уровень распаханности с включением в производство малопродуктивных земель, сведение лесов, низкий уровень и экстенсивные формы

земледелия, неправильная обработка почвы, техногенные выбросы, неумеренная химизация, не всегда удачная мелиорация.

Эти факторы определяют развитие негативных процессов: потери гумуса, ветровая и водная эрозия, вторичное засоление и осолонцевание почв, загрязнение почв нитратами, пестицидами, тяжелыми металлами и т.д.

Для предотвращения отмеченных негативных процессов в использовании земельных ресурсов необходима разработка приемов эффективного использования земель. Принятию решений по реализации действий на земле должен предшествовать анализ разносторонних и регулярно обновляемых данных о ее состоянии и динамике развития негативных процессов.

Постановлением Правительства Российской Федерации N 491 от 15.07.1992 г.) утверждено "Положение о мониторинге земель в Российской Федерации. Данное Положение является основным нормативным документом по мониторингу земель.

Мониторинг земель определяется как составная часть мониторинга состояния окружающей природной среды, представляющая собой систему наблюдений за состоянием земельного фонда с целью своевременного выявления изменений, их оценок, прогноза, предупреждения и устранения последствий негативных процессов и явлений.

Согласно Постановлению объектами мониторинга являются все категории земель независимо от формы собственности, целевого назначения и характера использования. В соответствии с целевым назначением все земли Российской Федерации и ее субъектов подразделяются на семь категорий:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;
- земли промышленности, транспорта, связи и т.п.;
- земли природоохранного, рекреационного назначения;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса.

В соответствии с этими категориями выделяется 7 категорий подсистем мониторинга.

В зависимости от территориального охвата осуществляется федеральный, региональный и локальный мониторинг земель.

Федеральный мониторинг охватывает всю территорию РФ, региональный - территории, ограниченные физико-географическими, экономическими и иными границами. Локальный мониторинг ведется на территориальных объектах ниже регионального уровня, вплоть до территорий отдельных землепользователей и элементарных структур ландшафтно-экологических комплексов.

Содержание мониторинга земель составляют систематические наблюдения (съемки, обследования и изыскания) за состоянием земель, выявление изменений и оценка: состояния землепользований, угодий, полей, участков; процессов, связанных с изменением плодородия почв (опустынивание, развитие водной и ветровой эрозии, потери гумуса, ухудшение структуры почв, заболачивание и засоление, загрязнение земель пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсическими веществами; состояние береговых линий рек, морей, озер, заливов, водохранилищ, лиманов, гидротехнических сооружений; процессов, вызванных образованием оврагов, оползнями, селевыми потоками, землетрясениями, карстовыми, криогенными и другими явлениями; состояния земель населенных пунктов, объектов нефте- и газодобычи, очистных сооружений, навозохранилищ, свалок, складов ГСМ, удобрений, стоянок автотранспорта, мест захоронения токсичных промышленных отходов и радиоактивных материалов, а также других промышленных объектов), а также состав результирующих документов и материалов.

По результатам оценки состояния земель составляются сводки, доклады, научные прогнозы и рекомендации с приложением тематических карт, диаграмм и таблиц, характеризующих динамику и направление развития изменений, в особенности имеющих негативный характер.

Постановление определяет порядок ведения мониторинга земель. Особое внимание уделяется техническому обеспечению мониторинга земель в виде автоматизированной системы по сбору, обработке и хранению информации, при этом получение необходимой информации производится с применением дистанционного зондирования, наземной съемки и наблюдений, фондовых данных.

Следующим важнейшим правовым документом по мониторингу земель является "Государственная программа мониторинга земель Российской Федерации на 1993-1995 годы", утвержденная Постановлением Совета Министров - Правительства Российской Федерации 5 февраля 1993 г. N100.

Основные задачи мониторинга земель согласно этого документа, определены следующим образом:

- формирование нормативно-правовой и научно-методической базы мониторинга земель;
- ландшафтно-экологическое районирование территории Российской Федерации с выделением ареалов основных негативных процессов по видам и степени их воздействия на состояния земель;
- формирование информационной базы мониторинга земель.

Для решения этих задач необходимы следующие мероприятия:

- разработка перечня обязательных параметров, фиксируемых на федеральном, региональном и локальном уровнях и критериев оценки состояния земель;

- создание нормативно-технической базы мониторинга земель в виде основных положений, инструкций и других документов по проведению специальных съемок и обследований, выявлению негативных факторов, оценке и прогнозу, предупреждению и устранению негативных процессов;

- ландшафтно-экологическое районирование территории Российской Федерации, субъектов федерации с выделением районов распространения основных негативных процессов по видам и степени их воздействия на состояние земель;

- создание сети постоянно действующих полигонов по экспериментально-производственному мониторингу земель, эталонных стационарных и реперных участков для наблюдения за негативными процессами на всех ландшафтно-экологических районах;

- обследование земель сельскохозяйственного назначения с выявлением и оценкой процессов водной и ветровой эрозии, заболачивания и засоления почв, изменение запасов гумуса и т.д.

- обследование земель, подверженных процессам опустынивания и определение степени их деградации;

- проведение обследований с целью выявления характера, масштаба и уровней загрязнения земель тяжелыми металлами, остаточными пестицидами, другими токсичными веществами;

- проведение наблюдений за долгоживущими радионуклидами и составление карт радиационной загрязненности земель России;

- составление атласа земель России, содержащего тематические карты состояния земель, а также ретроспективные и прогнозные карты;

- разработка программ по предупреждению и устранению последствий негативных процессов выявленных при мониторинге земель;

- переход на новые технологии обследования земель с использованием современных технических средств (спутниковых геодезических систем, методов дистанционного зондирования, наземных экспресс-методов, геоинформационных систем);

- организация научно-производственных центров по комплексному мониторингу земель в восьми городах России, в том числе и в Барнауле;

- создание автоматизированной информационной системы мониторинга земель.

Выполнение программы позволяет создать информационную базу данных о состоянии земельного фонда, организовать многоуровневую базу мониторинга земель, создать систему прогноза, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, влияющих на качество и плодородия земель.

Основными исполнителями программы являются Роскомзем и Российский институт мониторинга земель.

Наблюдения за уровнем загрязнения почв носят, как правило, экспедиционный характер и выполняются: на определенной площади по регулярной сети опробования; на ключевых участках, характеризующих типичные сочетания природных условий и антропогенного воздействия; на отдельных почвенно-геохимических профилях, закладываемых по определенным направлениям и пересекающих основные элементы рельефа.

Пробы почв отбираются с поверхности или из верхнего (0-20 см) горизонта. Отбор сопровождается описанием морфологических и визуальных признаков почв, ландшафтно-геохимической обстановки в районе опробования.

Для анализа проб почв применяют химический, эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный, нейтронно-активационные методы.

Данные о загрязнении почв химическими веществами представляют в виде таблиц, почвенно-геохимических карт, разрезов и профилей.

### **3.4. Мониторинг геологической среды**

Геологическая среда - верхняя часть литосферы, находящаяся в пределах интенсивного влияния инженерно-хозяйственной деятельности. Поэтому для построения мониторинга литосферы в первую очередь встает задача построения мониторинга геологической среды, который в настоящее время назван геоэкологическим мониторингом.

Главными целями программы геоэкологического мониторинга являются, во-первых, получение, хранение и обработка информации о современном состоянии, свойствах, структуре геологической среды, а также о типах и интенсивности ее изменений, вызванных в первую очередь процессами техногенеза; во-вторых, использование полученной информации для выяснения причин активизации природно-техногенных процессов и составления прогнозов их развития; в-третьих, обеспечение информацией о геологической среде мероприятий по охране, рациональному использованию и управлению природной средой, рациональное использование возобновимых и особенно невозобновимых ресурсов, защита литосферы в кратко- и долгосрочной перспективе.

По объектам наблюдения геоэкологический мониторинг подразделяется на:

- мониторинг горных пород;
- мониторинг подземных вод;
- мониторинг недр;
- мониторинг рельефа.

Оценка и изучение техногенных изменений состава, структуры и свойств горных пород, особенно в зоне развития многолетнемерзлых пород, имеет важное экологическое значение. Наглядно это проявляется при освоении нефтяных месторождений в Западной Сибири и строительстве в пределах сильноурбанизованных территорий Европейской части России.

Интенсивное техногенное воздействие на природные комплексы (орошение, осушение, разработка полезных ископаемых, развитие перерабатывающих производств) определяет повышенную нагрузку, в частности, на подземные воды.

Мониторинг подземных вод по целям (охрана подземных вод от истощения и загрязнения) и по методам контроля (режимные гидрологические скважины) принципиально отличен от мониторинга поверхностных вод. В то же время подземные воды, являясь наиболее

динамичной частью литосферы, гидравлически связаны с поверхностными, что требует обязательного методического единства контроля уровня, химического и термического режима тех и других. К определению количественных характеристик этих трех режимов как в пространстве, так и во времени и сводится мониторинг подземных вод. В настоящее время недра это не только источник минерально-сырьевых ресурсов, но и место размещения и захоронения промышленных и хозяйственно-бытовых отходов, хранилищ нефти и газа, среда возведения подземных сооружений (подземная урбанизация), создания заповедников и памятников природы (карстовые пещеры). Разноцелевое и с каждым годом все более интенсивное освоение подземного пространства оказывает значительное воздействие на экосистемы и все их компоненты.

Особое место отводится рельефу, являющемуся верхней границей литосферы, и подвергающемуся наиболее сильному влиянию процессов техногенеза. Широкое внедрение термина "техногенный рельеф" в геологической и смежных отраслях подтверждает это влияние и объясняется значительными масштабами техногенных изменений рельефа в пределах сильноурбанизированных территорий. Эти изменения происходят в результате активизации и возникновения природно-техногенных процессов.

Функционально геоэкологический мониторинг состоит из трех подсистем:

- 1) Подсистема получения информации о структуре и свойствах геологической среды, которая включает весь комплекс геоэкологических исследований, проводимых для решения различных задач, и, в первую очередь, геоэкологические изыскания под проектирование и строительство зданий и сооружений. Последние выделены особо, так как представляют уже существующую систему получения информации о структуре и свойствах верхней части литосферы (до глубины 100м). Как показывает практика, именно на эту глубину приходится 80% инженерно-хозяйственного воздействия на геологическую среду, то есть результаты изысканий позволяют решать большую часть задач, поставленной перед системой геоэкологического мониторинга.

- 2) Подсистема наблюдения и контроля за изменениями состояния геологической среды, которая реализуется путем организации и проведения комплексных режимных наблюдений за изменениями геологической среды и факторами техногенеза. Эта

подсистема включает в себя службу режимных наблюдений за подземными водами и природно-техногенными процессами Роскомнедра и организаций, осуществляющих контроль за состоянием и эксплуатацией существующей застройки.

3) Подсистема оценки и прогноза состояния геологической среды представляет собой автоматизированную информационную систему (АИС), в которую непрерывно поступает для хранения, обработки, составления прогнозов и принятия решений информация, полученная первой и второй подсистемой. Кроме того, в АИС содержатся материалы о перспективных планах освоения территорий, без которых невозможно целевое прогнозирование изменения состояния геологической среды и выдача рекомендаций по принятию решений с учетом рационального использования и охраны геологической среды (функция управления).

Реализация геоэкологического мониторинга позволяет: по другому осмыслить и пересмотреть существующую структуру организации работы и, в первую очередь, геоэкологических изысканий и исследований; увязать все проводимые геоэкологические исследования в единую систему с основной задачей - охрана и рациональное использование природной среды; конкретизировать цели и задачи отдельных видов исследований и целых направлений; выделять первоочередные проблемы и задачи геоэкологических исследований и соответственно перераспределять объемы финансирования.

### **3.5. Мониторинг загрязнения снежного покрова**

Возможность использовать снежный покров для исследования загрязнения природной среды давно привлекала ученых, поскольку он обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения не только атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв.

Снежный покров позволяет решить проблему количественного определения суммарных параметров загрязнения (сухих и мокрых выпадений), т.к. является их естественным накопителем.

В горах и полярных областях земного шара снежный покров, постепенно превращаясь в лед, как бы консервирует находящиеся в нем загрязнения и при благоприятных условиях сохраняет их в массе

ледников многие сотни и тысячи лет, становясь своеобразной летописью состава атмосферного воздуха и его загрязнения.

Снежный покров является эффективным индикатором процессов закисления природных сред.

Отбор снежного покрова чрезвычайно прост и не требует сложного оборудования. Послойный отбор проб снежного покрова позволяет получить динамику загрязнения за зимний сезон, а всего лишь одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от образования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы.

При образовании и выпадении снега в результате процессов влажного и сухого вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами с высокой степенью надежности.

Возможность использования снежного покрова как индикатора загрязнения природной среды была положена в основу создания в Советском Союзе системы мониторинга снежного покрова. Данные, полученные в результате работы этой системы позволили создать карты загрязнения территории СССР, изучить закономерности атмосферного переноса загрязняющих веществ, провести количественные оценки загрязнения атмосферного воздуха.

#### **4. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

##### **4.1. Дистанционные методы мониторинга**

При осуществлении экологического мониторинга важное место отводится дистанционным методам, способным непосредственно представлять данные по крупномасштабным изменениям.

Лидирующими в таких методах являются методы, использующие космические средства, занявшие прочное место при изучении природных ресурсов.

Особенно эффективные результаты по оценке антропогенных воздействий может дать комплексное использование информации, получаемой с помощью космических систем, самолетов и наземных систем.

К информации, получаемой со спутников и используемой для целей экологического мониторинга, относится информация о состоянии лесов, сельскохозяйственных угодий, о растительности на

суше, о фитопланктоне на море, о состоянии земной поверхности (почвенном покрове, нарушении земной поверхности антропогенной деятельностью, эрозионных процессах, урбанизированных зонах), о перераспределении водных ресурсов, загрязнении атмосферы, морей, суши и т.д.

Дистанционное изучение почвенного покрова с искусственных спутников Земли возможно путем картирования почв, их районирования по каким-либо признакам, а также путем изучения важнейших свойств почвенного покрова - влажности, типа почв, засоленности, содержания гумуса, механического состава, нарушенности, наличия растительности.

Почвы могут распознаваться по измерениям прямых признаков поверхности, а также косвенных - по геологическим, геоботаническим, геоморфологическим индикаторам.

Для экологического мониторинга особое значение имеет определение состояния растительности. Эти исследования также весьма успешно проводятся с использованием спутниковых систем.

Наблюдения за водохранилищами и природными водными объектами позволяют с большой точностью (например по береговой линии и уровню воды) судить об изменении состояния этих объектов, в том числе и антропогенного характера.

С помощью спутниковых систем хорошо идентифицируются многие антропогенные изменения в окружающей среде, происходящие в настоящее время и имевшие место в прошлом, например, лесные пожары, загрязнение атмосферы и подстилающей поверхности (различные изменения на многоспектральных фотоснимках), эрозия почв.

Очень четко идентифицируются слои пыли, особенно облака при пыльных бурях.

Наблюдения за дымовыми выбросами позволяют по степени прозрачности установить плотность частиц в факелах и определить ингредиенты в них по поглощению радиации в соответствующих зонах поглощения.

Именно методами космической съемки было определено поражение хвойной растительности дымовыми выбросами, аналогичные наблюдения позволяют оценить концентрацию хлорофилла в воде, развитие эвтрофикации в водоемах, загрязнение воды взвешенными веществами, нефтепродуктами.

Таким образом, следует отметить, что в настоящее время уже имеется обширный опыт использования информации со спутников для изучения антропогенных изменений в биосфере.

## **4.2. Биологические методы мониторинга**

В последние годы биологическая наука начинает занимать важное место в системе представлений о мониторинге состояния окружающей среды. Многие разделы биологии используются для разработки теоретических и практических основ наблюдения за состоянием окружающей среды.

Биологический мониторинг призван разрабатывать стратегию и тактику не только наблюдения и контроля, но и оценки и прогноза состояния окружающей среды. Поэтому биологический мониторинг включает два вида деятельности - диагностический и прогностический мониторинг.

### *4.2.1. Экологические основы биоиндикации*

Все биологические системы - будь то организмы, популяции или биоценозы - в ходе своего развития приспособились к комплексу факторов местообитания. Они завладели внутри биосферы определенной областью, экологической нишей, в которой находят подходящие условия существования и могут нормально питаться и размножаться.

Каждый организм обладает в отношении любого действующего на него фактора уникальным физиологическим диапазоном толерантности, в пределах которого этот фактор является для него переносимым. Если фактор отличается слишком высокой или слишком низкой интенсивностью, но еще не летален, то организм находится в физиологическом пессимуме. За пределами некоторого минимального и максимального значения фактора дальнейшая жизнь невозможна. В ограниченной области интенсивности фактора, особо благоприятной для данной особи, организм существует в условиях физиологического оптимума. Физиологический диапазон толерантности обычно неодинаков для разных стадий развития организма и для всех особей данной популяции.

При широкой амплитуде толерантности организмы называются эврипотентными, при узкой - стенопотентными.

Будучи взаимозависимыми, отдельные экологические факторы могут до известной степени взаимозаменяться. Поэтому в природе существуют отличающиеся по присутствию и по размерам от физиологических (потенциальных) диапазонов толерантности экологические диапазоны присутствия (экологические потенции), отражающие фактическую реакцию организма при воздействии всех факторов среды.

Физиологическая толерантность и экологическая потенция организма определяют его индикаторную ценность.

Метод оценки абиотических и биотических факторов местообитания при помощи биологических систем называют биоиндикацией (от лат. *indicare* - указывать).

В соответствии с этим организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами.

Существуют различные формы биоиндикации. Если две одинаковые реакции вызываются различными антропогенными факторами, то говорят о неспецифической биоиндикации. Если же те или иные происходящие изменения можно связать только с одним фактором, речь идет о специфической биоиндикации.

Если биоиндикатор реагирует значительным отклонением жизненных проявлений от нормы, то он является чувствительным биоиндикатором.

Аккумулятивные биоиндикаторы, напротив, накапливают антропогенные воздействия большей частью без быстро проявляющихся нарушений.

Обычно в природе все виды биоиндикации включены в цепочку последовательно происходящих реакций или процессов. Если антропогенный фактор действует непосредственно на биологический элемент, то речь идет о прямой биоиндикации. Но нередко биоиндикация становится возможной только после изменения состояния под влиянием других непосредственно затронутых элементов. В этом случае мы имеем дело с косвенной биоиндикацией.

Даже внутри организма наблюдается определенное соподчинение реакций, возникающих в ответ на какой-либо

антропогенных фактор. Первая реакция создает основу для первичной биоиндикации, следующая - для вторичной.

Часто желателно заблаговременно обнаружить биологическое действие антропогенного фактора, для того чтобы при определенных условиях иметь возможность произвести направленное вмешательство. Наличие очень чувствительных биоиндикаторов приводит к ранней индикации, когда реакция заметна уже при минимальных дозах спустя очень короткое время и происходит в месте воздействия фактора на элементарные молекулярные или биохимические процессы.

#### *4.2.2. Антропогенные факторы, вызывающие у организмов стресс*

Понятие "стресс" весьма различно используется во многих областях науки.

Впервые в качестве научного термина оно было введено в медицину Г.Селье и вскоре проникло в обиходный язык в первую очередь как обозначение неспецифического психического напряжения.

Селье определяет стресс как состояние критической нагрузки, которая проявляется в виде специфического синдрома, слагающегося из всех неспецифически вызванных изменений внутри биологической системы. Стресс можно разделить на два различно действующих типа.

Эустресс характеризуется физиологическими адаптивными реакциями, которые вызываются в организме биоэнергетическими процессами, когда в критических ситуациях живому существу необходимо приспособиться к изменившимся условиям среды.

Дистресс означает патогенные процессы, возникающие, как правило, при постоянных нагрузках или усилиях, которые индивид не в состоянии регулировать короткое или длительное время.

В какой мере тот или иной стрессор обуславливает эустресс или дистресс, зависит от многочисленных факторов, например, от сочетания внешних раздражителей и от внутреннего состояния организма.

Генетическая конституция каждого организма обуславливает его определенную реакционную способность (норму реакции) по отношению к воздействующим стрессорам.

В биологии под стрессом понимается реакция биологической системы на экстремальные факторы среды (стрессоры). В естественных условиях организмы часто подвергаются воздействию различных биотических и абиотических стрессоров.

К ритмически повторяющимся экстремальным условиям среды (холод, засуха и т.д.) многие организмы приспособились путем периодического изменения активности, что делает их устойчивыми к влиянию стрессов (толерантность к стрессу).

Другие организмы могут уклоняться от воздействия экстремальных условий среды при помощи специфических приспособлений (избегание стресса), например глубокоукореняющиеся растения нечувствительны к засухе.

Толерантность и избегание создают устойчивость к стрессу.

#### *4.2.3. Уровни биоиндикации в соответствии с организационными уровнями биологических систем*

Загрязнение среды в результате развития промышленных и сельскохозяйственных технологий является одним из наиболее сильных аспектов антропогенного воздействия. Реакция биоты на такого рода возмущение может быть разделена на четыре типа откликов в соответствии с иерархическими уровнями живых систем: организменным, популяционным (видовым), экосистемным, биосферным.

Биоиндикация может применяться на различных уровнях организации живого (макромолекула, клетка, орган, организм, популяция, биоценоз).

Организменный уровень, наиболее чуткий и быстродействующий, характеризуется перестройкой физиологии организма в пределах генетически обусловленной нормы реакции. На этом уровне возможно преодоление действия токсикантов, если поток загрязнения относительно невысок. Можно назвать некоторые типичные примеры физиологических перестроек: модификация чувствительных элементов-мишеней, замена метаболических путей на менее чувствительные к данному ингибитору, снижение проницаемости мембран, инактивация ингибитора и т.д. Физиологические адаптации являются существенным компонентом общего адаптационного механизма биоты.

Увеличение потока загрязнения приводит к включению защитных механизмов следующего уровня - популяционного (видового). Здесь и особенно в популяциях с высокими скоростями размножения и короткими генерациями возможны быстрые перестройки в пользу мутантных форм, более резистентных к действующему загрязняющему веществу. Примеров быстрых перестроек в микробных популяциях (в течение нескольких суток и даже часов) известно много как для лабораторных, так и для природных условий. Пожалуй, самой яркой иллюстрацией перестроек этого типа может быть повсеместное распространение резистентных к антибиотикам популяций болезнетворных микроорганизмов. Для популяций организмов с длительными циклами развития, с замедленной сменой поколений (а для одного микроэволюционного перехода обычно требуется 30-50 генераций) более характерны замены чувствительных форм на близко родственные, более резистентные, способные выполнять ту же метаболическую функцию.

Если замещение видов связано с перестройкой целого ряда звеньев трофической цепи, то корректнее говорить о третьем уровне реагирования живых систем на загрязнение - экосистемном уровне. В качестве примера приведем разрушение цепей питания при эвтрофикации внутренних водоемов, замена их на цепи разложения с доминированием сине-зеленых водорослей и гетеротрофных бактерий - все это становится привычной картиной, характеризующей отрицательные результаты антропогенного воздействия.

По-видимому, к четвертому уровню реагирования живой природы на антропогенное воздействие можно отнести глобальные изменения в состоянии биосферы в целом. Уникальность биосферы, невозможность экспериментирования с ней, очень низкие скорости перестроек, невысокие точности натуральных измерений, естественная изменчивость природных явлений и т.д. делают очень сложной задачу достоверного определения даже тенденций развития биоты как целого. Для оценки тенденций и разработки прогнозов хотя бы качественного уровня необходимо использовать многомерные имитационные модели.

С повышением уровня организации биологических систем возрастает их сложность, так как одновременно все более усложняются их взаимосвязи с факторами местообитания. При этом биоиндикация на низших уровнях диалектики включается в биоиндикацию на высших уровнях, выступая на них в новом качестве. В то время как

на низших уровнях организации биологических систем преобладают прямые и чаще специфические виды биоиндикации, связанные с воздействием какого-либо определенного экологического фактора, на высших уровнях господствует косвенная биоиндикация.

В связи со сложностью биологических систем нередко бывает возможна лишь неспецифическая биоиндикация.

#### *4.2.4. Основные принципы применения биоиндикации*

Для биоиндикации пригодны в основном два метода - пассивный и активный мониторинг.

В первом случае у свободно живущих организмов исследуются видимые или незаметные повреждения или отклонения от нормы, являющиеся признаком стрессового воздействия.

При активном мониторинге пытаются обнаружить те же самые воздействия на тест-организмах, находящихся в стандартизованных условиях на исследуемой территории.

При биоиндикации следует учитывать четыре основных требования;

1. Относительная быстрота проведения.
2. Получение достаточно точных и воспроизводимых результатов.
3. Присутствие объектов, применяемых в целях биоиндикации, по возможности в большом количестве и с однородными свойствами.
4. Диапазон погрешностей по сравнению с другими методами тестирования не более 20%.

Обычно результаты биоиндикации хорошо поддаются математической обработке, что позволяет использовать для их обработки ЭВМ.

#### *4.2.5. Биоиндикация загрязнения воздуха*

Биоиндикация вредных веществ в воздухе основана на их проникновении в живые организмы.

Если слишком высокое или весьма незначительное наличие обычных содержащихся в чистом воздухе составных частей приводит к замедлению или даже остановке определенных процессов обмена

веществ и тем самым к задержке роста (например, слишком высокое содержание  $\text{CO}_2$  или  $\text{O}_2$ ), то наличие в воздухе чужеродных веществ, токсически действующих уже в малых дозах (гербициды, пестициды,  $\text{HF}$ ,  $\text{SO}_2$ ), быстро вызывает биохимические и физиологические нарушения, повреждение цитоплазмы или отмирание клеток, органов, иногда всего организма.

Для того, чтобы выявить действие загрязнителей воздуха на живые организмы, можно пользоваться как активным, так и пассивным мониторингом.

При активном мониторинге применяется метод организмов-уловителей. Для этой цели в тест-камеры помещают особо чувствительные к загрязнениям воздуха растения или животные.

При пассивном мониторинге для изучения последствий загрязнения используются индикаторные свойства свободно живущих организмов в исследуемой области. Несмотря на то, что при этом прежде всего на индикационном уровне биохимических, физиологических и морфологических процессов проявляются совершенно специфические реакции на вполне определенные вредные вещества, содержащиеся в атмосфере, сложность факторов местообитания приводит к неспецифической биоиндикации, т.е. реакции на весь комплекс загрязнителей. Часто на практике используют сочетание обоих методов, например, животных, использованных в активном мониторинге, которых легко найти по особым меткам выпускают в природу и спустя некоторое время снова отлавливают и исследуют.

#### *4.2.6. Биоиндикация загрязнения почвы*

Методами биоиндикации могут быть выявлены как физические изменения почвы, связанные с различными, прежде всего механическими действующими факторами, так и химическое загрязнение.

При физических воздействиях изменение почвенных параметров касается прежде всего сложения и структуры почвы, например, ее порозности и плотности горизонтов, что может привести к уменьшению вентиляции и дренажа.

На уровне фитоценозов это сказывается в затруднении прорастания семян и проникновения корней в почву с последующим замедлением роста корней и побегов.

В почвенных ценозах происходит снижение активности и обилия организмов (микроартпод и микробов), разлагающих органические вещества, обеднение фауны.

Изменение химических параметров почвы отражается спустя некоторый период времени на росте, продуктивности отдельных видов, их популяций, приводит к нарушениям структуры фитоценозов, развитию сукцессий.

Консументы и деструкторы при этом часто испытывают косвенное влияние в результате изменений структуры ценозов.

#### *4.2.7. Биоиндикация загрязнения береговых и водных экосистем*

Загрязнение вод, связанное с промышленностью, сельским хозяйством, рыболовством, судоходством, населенными пунктами и зонами отдыха затрагивает и береговое пространство.

При биоиндикации загрязнения вод в большинстве случаев учитывается и состояние прибрежной растительности.

Для оценки качества вод привлекаются как собственно водные растения, животные и микроорганизмы, так и виды береговой линии и тростниковых зарослей.

Биоценоз используется для исследования процессов химического загрязнения.

Биоиндикация может быть использована для оценки практически любых экосистем, например в сельском и лесном хозяйстве.

### **4.3. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде**

Быстрое развитие новых методов определения токсичных веществ в окружающей среде подняло на качественно новый уровень изучение процессов загрязнения воздуха, воды и почвы, физико-химических процессов трансформации веществ, гигиеническую оценку качества окружающей среды.

Мероприятия по защите окружающей среды от выбросов производств, как правило, требуют больших экономических затрат, которые в некоторых случаях могут достигать 40-50% от стоимости

основного производственного строительства. Поэтому к качеству контроля, его надежности, точности должны предъявляться очень высокие требования.

Надежность метода зависит главным образом от физико-химических свойств определяемого вещества, правильности выбора метода, его характеристик и др.

Однако она снижается из-за необходимости работать с чрезвычайно малыми концентрациями токсичных веществ, непостоянством их качественного и количественного состава при наличии в окружающей среде таких соединений, которые могут оказывать мешающее влияние, но и способствовать образованию качественно новых веществ.

Поэтому для более правильного определения степени загрязнения объектов окружающей среды методы должны быть достаточно чувствительны и избирательны.

При анализе объектов окружающей среды необходимо учитывать возможные химические, фотохимические и биохимические превращения изучаемых веществ и миграцию загрязняющих веществ из одной среды в другую, особенности их распределения в каждой из этих сред.

Данные о загрязнении одной среды (например, атмосферного воздуха) должны увязываться с данными о загрязнении других сред (например, с загрязнением воды в озерах и реках, загрязнением почвы).

Контроль загрязняющих веществ производится по утвержденным методикам в соответствии с перечнем приоритетных загрязнителей.

#### *4.3.1. Отбор проб*

Отбор проб является важнейшей частью исследований, определяющей качество и надежность информации. Проблема отбора проб очень сложна, поэтому дать подробные рекомендации для всех случаев и в соответствии со всеми требованиями практически невозможно.

Отбор пробы зачастую определяет результаты анализа, т.к. возможно загрязнение пробы в процессе ее отбора, особенно когда речь идет об измерении ничтожно малых количеств ЗВ. Важен выбор

места, средства отбора, чистота пробоотборников и тары для хранения пробы.

## Природные воды

Общие требования к отбору проб природной воды для определения ее химического состава и физических свойств изложены в ГОСТе 17.1.5.05. Основные принципы, которые следует соблюдать при отборе проб, заключаются в следующем.

Пробы воды, отобранные для анализа, должны быть достаточно представительными и репрезентативными, т.е. должны характеризовать состояние воды в водном объекте или его части за определенный промежуток времени; в процессе отбора, предварительной обработки, хранения и транспортировки пробы не должны происходить существенные изменения химического состава и свойств воды.

Отбор проб должен производиться с учетом специфики водного объекта (морфология, гидрология и т.п.) и специфики контролируемых веществ (растворенное, взвешенное, коллоидное, пленочное, "живое").

Различают точечные и объединенные (усредненные) пробы.

Точечные пробы получают путем однократного отбора требуемого для анализа количества воды. Эти пробы характеризуют качество воды в данном пункте водного объекта во время отбора.

Объединенные пробы представляют собой объединенную по тому или иному принципу серию точечных проб. Эти пробы характеризуют средний состав воды за некоторый промежуток времени.

В зависимости от цели исследований отбор проб может быть разовым, серийным или регулярным.

Разовый отбор используют сравнительно редко для периодического определения возможных изменений состава воды в хорошо изученном водном объекте, если определяемые компоненты не подвержены большим изменениям во времени, по глубине и акватории водного объекта.

Регулярный и серийный отбор дает более определенную и надежную информацию о состоянии водного объекта и качестве его воды.

При анализе серийных проб определяют содержание наблюдаемых компонентов с учетом места и времени отбора.

Место и объем проб зависят от цели исследований.

Отбор проб проводится с помощью бутылей и батометров.

### Отбор проб воздуха

Основным способом отбора проб исследуемого воздуха является пропускание его через сорбционные устройства (поглотительный сосуд, концентрационную трубку, фильтр) с помощью побудителя расхода с определенной скоростью, регистрируемой расходомерным устройством (ротаметрами и т.д.). Для удобства отбора проб в производственных условиях широко применяют аспирационные устройства, которые совмещают побудитель расхода и расходомерное устройство.

### Отбор проб почвы

При определении в почве поверхностно-распределяющихся веществ (ПАУ, тяжелые металлы, радионуклиды) точечные пробы отбирают с помощью трубчатого пробоотборника послойно на глубине 0, 5 и 20 см массой до 0.2 кг.

При оценке загрязнения почвы летучими соединениями или веществами с высокой способностью вертикальной миграции (ХОС, нитрозоамины) пробы отбирают по всей глубине почвенного профиля и помещают в емкости, закрывающиеся герметичными крышками.

При невозможности быстрого анализа пробы хранят при определенных условиях, описанных в методиках.

При отборе проб с гладких поверхностей (глина, стекло, кафель, металл) применяют ватные тампоны, смоченные водой или органическим растворителем. Иногда берут мазки со стен, полов, окон в производственных и бытовых помещениях.

Донные отложения отбирают для определения характера, степени и глубины проникновения в них загрязнений.

### Отбор биопроб и пищевых продуктов

Рекомендуется отбирать растения находящиеся в их естественном окружении. В этом случае представительность пробоотбора

определяется правильность выбора индикаторных растений и мест отбора проб.

Отбор травы с пастбищ или сенокосных угодий производят непосредственно перед выпасом животных или скашиванием ее на корм.

Для этого выделяют 8-10 участков площадью 1-2 кв. м, расположенных по диагонали. С каждого участка берут по 400-500 г и готовят объединенную пробу, из которой отбирают усредненную пробу массой 1.5-2.0 кг.

К пробам биологического происхождения, в которых предполагается наличие следовых количеств супертоксикантов, предъявляются особые требования. Важно, чтобы проба была репрезентативной для всего исследуемого организма.

В частности, в пробах крови, взятых из различных органов, часто обнаруживаются существенные различия.

#### *4.3.2. Пробоподготовка*

В большинстве случаев при санитарно-химическом анализе загрязняющих веществ в окружающей среде проводится обработка пробы с целью консервации измеряемого параметра во время ее транспортировки и хранения.

В изолированной от природной среды пробе начиная с момента отбора происходят изменения параметров пробы. Скорость изменения параметров определяется кинетическими факторами. Поэтому необходимо иметь представление о кинетике изменения параметров в пробе. Чем меньше время от момента пробоотбора до ее консервации или анализа, тем точнее результат.

Для повышения точности полученных результатов применяют метод "внутреннего стандарта".

Он заключается в том, что в параллельно отобранные пробы добавляют эталон контролируемого вещества и консервируют эти параллельные пробы через разные временные интервалы. При измерении эталонных образцов одновременно получают калибровочные графики.

Подготовка пробы к анализу включает в себя либо концентрирование измеряемого ингредиента (составная часть смеси) либо его химическую модификацию с целью проявления аналитически наиболее выгодных свойств.

Концентрирование достигается двумя путями:

- либо методами сорбции анализируемого компонента на твердом сорбенте или при экстракции растворителем;
- либо методами уменьшения объема пробы, содержащей компонент (вымораживанием, выпариванием, сосаждением);

Любая такая процедура чревата появлением различного рода артефактов.

Артефакт - процесс или образование, не свойственные изучаемому объекту в норме и возникающее обычно в ходе его исследования.

Практическая завершенность развития инструментальных методов анализа выдвигает в настоящее время на первое место вопросы, связанные с пробоподготовкой различных объектов. Именно пробоподготовка, особенно в анализе сложных объектов, определяет не только чувствительность и экспрессность метода анализа, но и достоверность получаемых результатов. В этом направлении ведутся работы как в России так и за ее пределами.

К настоящему времени есть определенные рекомендации по определению нелетучих элементов в различных объектах сложного состава, проблема определения летучих элементов, таких как Sb, Sn, Hg, Se, Te, As остается нерешенной. Наиболее исследованными объектами анализа являются природные воды, анализ которых часто проводят без предварительной пробоподготовки.

В анализе воздуха, почв, биообъектов наиболее распространенными приемами являются кислотное озоление, сорбция, отгонка в виде летучих соединений. В последнее время предлагается применять автоклавное вскрытие, микроволновое разложение, ультразвуковую обработку проб.

#### *4.3.3. Методы измерения контролируемого параметра*

Проводится различными методами анализа, которые можно подразделить на спектральные, электрохимические, хроматографические.

Спектральные методы:

Основаны как на поглощении излучения анализируемым веществом, так и на регистрации его излучения.

Наиболее полную картину по валовому содержанию различных химических элементов без указания химической структуры дает метод нейтронно-активационного анализа, основанный на облучении анализируемого образца потоком нейтронов.

В результате взаимодействия с веществом появляются ядерные изотопы, анализируя которые можно идентифицировать практически все элементы Периодической системы. Метод этот крайне дорогой, нуждающийся в ядерном реакторе как источнике нейтронов, в сложной компьютерной технике. Тем не менее такие установки существуют и используются для проведения массовых анализов, главным образом на содержание тяжелых металлов в твердых образцах и биологических объектах.

В частности, этот метод был использован для выявления источников загрязнения Арктики твердыми аэрозольными частицами, содержащими тяжелые металлы. Каждый источник таких частиц имеет характерное только для него соотношение различных элементов. Этим исследованием было установлено, что загрязнение Арктики происходит в основном от Норильского горно-обогатительного комбината.

Этот же метод используется для оценки загрязнения окружающей среды по содержанию металлов в волосах жителей различных территорий.

Эмиссионный спектральный анализ основан на регистрации спектра испускания света веществом, находящимся в состоянии плазмы ("атомного пара").

Атомно-абсорбционный метод по технике эксперимента близок к эмиссионно-спектральному, но кванты не излучаются, а поглощаются.

Фотометрический метод основан на поглощении видимого света анализируемым веществом.

Флуоресцентный метод основан на электронном возбуждении молекул при поглощении УФ-света и последующем испускании квантов света.

Одним из наиболее распространенных методов изучения структуры органических соединений служит метод ИК-спектromетрии. По ИК-спектру можно установить строение неизвестного соединения, содержание в нем тех или иных групп атомов.

Информацию о тонкой структуре органических молекул может быть получена методами радиоволновой спектроскопии - ЭПР и ЯМР.

Явления электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса заключается в индуцировании электронных и ядерных переходов из нижнего состояния в верхнее, что достигается с помощью дополнительного переменного поля, расположенного перпендикулярно постоянному магнитному полю.

Метод ЭПР широко используется для анализа строения и свойств свободных радикалов и комплексов ионов переходных металлов. В частности, методом ЭПР можно анализировать почвенные экосистемы, поскольку гумусовые вещества почвы содержат стабилизированные свободные радикалы и парамагнитные ионы металлов.

Этот метод применяется также для изучения природных окислительно-восстановительных процессов с участием ионов меди и марганца.

Метод ЯМР дает наиболее полную информацию о структуре органических веществ, в том числе и пространственной. В настоящее время техника ЯМР шагнула настолько далеко, что в недалеком будущем на смену рентгеновским аппаратам придут безопасные ЯМР-томографы, позволяющие получить объемное изображение органической материи.

Томография - рентгенологический метод исследования объекта с получением на рентгенограмме изолированного теневого изображения любого слоя объекта.

Электрохимические методы анализа основаны на использовании электрохимических процессов, протекающих в электролитической ячейке, состоящей из контактирующих между собой электродов и электролитов.

В состав электролитической ячейки входят два или три электрода: индикаторный, действующий как датчик, реагирующий на состав раствора или другой фактор воздействия, либо рабочий электрод, если под действием тока в электролитической ячейке происходит значительное изменение состава раствора, электрод сравнения и иногда вспомогательный электрод. Электрод сравнения служит для создания измерительной цепи и поддержания постоянного значения потенциала индикаторного (рабочего) электрода. Вспомогательный электрод включают вместе с рабочим в цепь, через которую проходит электрический ток.

Электрохимические методы анализа основаны на использовании зависимости электрических параметров ячейки от концентрации, природы и структуры веществ, участвующих в электродной реакции или в электрохимическом переносе заряда между электродами. Аналитическими сигналами служат электрические параметры, как сила тока, напряжение, сопротивление.

Известны две разновидности электрохимических методов:

1. без протекания электродной реакции (кондуктометрия)

2. основанные на электродных реакциях:

- в отсутствие тока (потенциометрия)

- под током (вольтамперометрия, кулонометрия, электрогравиметрия)

Кондуктометрические методы основаны на взаимосвязи между проводимостью раствора и концентрацией ионов в растворе. Электрическая проводимость раствора и является измеряемым аналитическим сигналом.

Прямые кондуктометрические измерения используют для оценки чистоты воды, определения общего солевого состава морских и минерализованных вод.

Кондуктометрическое титрование основано на химической реакции, в результате которой происходит резкое изменение электрической проводимости раствора. Хотя чувствительность метода невысока, он позволяет осуществить дифференцированное титрование смесей нескольких кислот и оснований, титрование мутных и окрашенных растворов, а также титрование, сопровождающееся образованием гидролизующихся солей.

Наиболее широкое применение находят потенциометрические методы.

В потенциометрии используются два класса индикаторных электродов: электронно-обменные, на межфазных границах которых протекают реакции с участием электронов; ион-селективные, на межфазных границах которых протекают реакции с участием ионов (мембранные или ионообменные).

Хроматографические методы анализа обладают наибольшим спектром возможностей для контроля загрязнения различных объектов окружающей среды.

Основаны на сорбционных процессах - поглощении газов, паров или растворенных веществ твердым или жидким сорбентом.

Сущность всех хроматографических методов состоит в том, что разделяемые вещества вместе с подвижной фазой перемещаются через слой неподвижного сорбента с разной скоростью вследствие различной сорбируемости.

В газожидкостной хроматографии подвижной фазой является газ или пар, а неподвижной служит слой жидкости, нанесенной на инертный твердый носитель. Детекторы, применяемые в хроматографии - катарометры и по теплопроводности. Высокоэффективная жидкостная хроматография с применением высокого давления начала широко применяться с 70-х годов (ВЭЖХ). Детекторами в ВЭЖХ обычно служат обычно спектральные датчики.

Для анализа смесей неизвестного состава применяют хроматомасс-спектрометры - газовые или жидкостные хроматографы с масс-спектрометрическим датчиком. Т.е. очень удачное сочетание возможности техники хроматографического разделения веществ и масс-спектрометрической идентификации веществ.

#### *4.3.4. Обработка и хранение результатов*

Физико-химические методы анализа позволяют не только определить химический состав объектов окружающей среды, констатировать уровень их загрязнения, но и получать кинетические параметры, описывающие динамику природных процессов. И все же, сколь бы широк не был набор измеряемых параметров, для детального описания экосистемы любой набор будет недостаточен.

Поэтому большое внимание следует уделять разработке методов моделирования, основанных на ограниченном наборе параметров, позволяющих получить наиболее адекватную модель рассматриваемых природных экосистем.

Построение функциональных моделей необходимо проводить с учетом химико-биологических процессов, протекающих в природных экосистемах, и влияния на них различного рода антропогенных воздействий и природных факторов.

#### *4.3.5. Особенности анализа следовых количеств загрязняющих веществ*

В биосфере циркулирует огромное количество ксенобиотиков техногенного происхождения, многие из которых имеют исключительно высокую токсичность. Это так называемые супертоксиканты.

Из органических соединений это прежде всего полихлорированные бифенилы, дибензофураны, хлор- и фосфорсодержащие пестициды, полиароматические углеводороды, нитрозамины.

Эколого-аналитическому мониторингу супертоксикантов уделяется в настоящее время повышенное внимание еще и потому, что указанные соединения могут накапливаться в живых организмах, передаваясь по трофическим цепям. Многие из них проявляют канцерогенную и мутагенную активность.

Как правило, супертоксиканты присутствуют в окружающей среде в ничтожно малых количествах, на уровне следов.

В литературе не существует единого мнения относительно уровня концентраций, при которых становится оправданным применение термина "следовые количества".

Несколько лет тому назад таковым считалось содержание определяемого компонента в концентрациях 0.1% и менее. С повышением требований к чистоте веществ и чувствительности аналитических методов нижняя граница определяемых концентраций для большинства соединений заметно снизилась.

В общем случае за следовые принимают концентрации веществ в диапазоне от миллионных долей (10<sup>-5</sup>-4 0%) и ниже.

Следовые компоненты могут быть чисто органическими (ПАУ, ХОС, ПХБ) или неорганическими (радионуклиды, тяжелые металлы), либо иметь смешанный состав (металлорганические соединения, комплексы металлов с органическими лигандами, белками, ДНК и др.) Последние играют заметную роль в биологии, для их определения на уровне следовых количеств применяют биохимические методы.

Основные трудности в анализе следовых количеств органических связаны с тем, что для большинства соединений практически отсутствуют типовые схемы, аналогичные схемам разделения и концентрирования, применяемые в анализе следовых количеств неорганических соединений. В лучшем случае можно применять типовые схемы их разделения на группы.

Однако, добиться полного разделения, как правило не удастся.

Разработанные в последнее время приборы (например, с масс-спектрометрическими детекторами) частично снимают эту проблему, хотя чрезвычайно дороги и могут обслуживаться специалистами только самого высокого уровня.

Ряд компонентов могут удаётся идентифицировать только благодаря применению взаимно дополняющих методов, например, газо-жидкостная хроматография - масс-спектрометрия (ГЖХ-МС), с помощью которого можно определить молекулярную массу вещества и получить информацию о его структуре, но метод мало информативен при идентификации функциональных групп. В то же время такая информация может быть получена методом газо-жидкостной хроматографии - фурье-спектрометрии в инфракрасной области.

Несмотря на большой прогресс в совершенствовании инструментальных методов анализа и приборного обеспечения, пока не разработаны методы, которые позволили бы определять следовые количества высокотоксичных загрязнителей без предварительного концентрирования.

Поскольку анализ следовых количеств веществ чрезвычайно дорог, очень часто появляется необходимость в быстрых и достаточно простых методах обнаружения супертоксикантов. В таких случаях применяют методологию с к р и н и н г а, которая допускает неправильные положительные результаты, но полностью исключает неправильные отрицательные результаты. При этом пробы, давшие положительный результат, анализируются далее с применением более совершенных и чувствительных методов, в то время как отрицательные результаты скрининга принимают без дополнительной проверки. Таким образом удаётся значительно сократить объём работы и удешевить стоимость аналитического контроля.

При скрининге применяются тщательно отработанные методы анализа, в том числе качественные и полуколичественные, например, цветные реакции в индикаторных трубках и с применением индикаторных бумаг, например, для определения ртути, кобальта и других тяжелых металлов.

Обязательным условием скрининга является наличие положительного аналитического сигнала в тех случаях, когда загрязняющее вещество присутствует в пробе на уровне ПДК. Например, при изучении 419 образцов анализов молока на наличие

афлатоксинов, 19% дали положительную реакцию. Более тщательное исследование подтвердило наличие токсиканта.

Надежность результатов скрининга повышается при использовании двух независимых методов.

Если различные методы дают противоречивые данные, то их проверяют с помощью более чувствительных методов и приборов.

При организации скрининга различают разведочные и подтверждающие анализы.

#### *4.3.6. Обеспечение качества анализа объектов окружающей среды*

Для анализа пробы аналитик в большинстве случаев проводит несколько параллельных определений. При этом отдельные результаты должны быть воспроизводимыми и соответствовать истинному содержанию пробы.

Воспроизводимость зависит от случайных ошибок анализа. Такие ошибки могут быть выявлены статистическими методами.

Систематические ошибки обусловлены методом анализа и могут быть выявлены применением параллельных испытаний другим методом.

Одна из основных задач при проведении эколого-аналитических работ - обеспечение высокой степени достоверности количественного химического анализа (КХА). Общим требованием проведения КХА является использование гостированных или аттестованных методик, а также поверенных средств измерений.

При отсутствии таких методик предприятие вынуждено аттестовывать их через Госстандарт или на уровне стандарта предприятия. Кроме того, часто даже в гостированных методиках отсутствуют нормативы контроля точности, что существенно затрудняет подтверждение достоверности КХА.

Для повышения достоверности результатов КХА необходимо проводить работу по назначению нормативов контроля точности применительно ко всем используемым методикам. Такая работа, в частности, проводится в научно-испытательном центре "Том-Аналитика".

Для обеспечения контроля точности руководитель лаборатории разрабатывает план проведения анализа шифрованных проб. Контроль

при этом является предупреждающим т.к. его неудовлетворительные результаты сигнализируют о необходимости мер по улучшению качества КХА.

Следующей ступенью контроля точности является проведение сопоставительных анализов одних и тех же проб различными методами в различных лабораториях. Ведущие эколого-аналитические лаборатории России и других стран участвуют в интеркалибровочных и сопоставительных испытаниях по анализу объектов окружающей среды на содержание различных микроэлементов.

## Литература

1. Бейм А.М., Павлов Б.К., Брусиловский П.М. и др. Приемы прогнозирования экологических систем. - Новосибирск: Наука, 1985, 124 С.
2. Биоиндикация загрязненных наземных экосистем: Пер. С нем./Под ред. Р.Шуберта.- М.:Мир, 1988.-350 С.,ил.
3. Бобров В.В. Биосферные заповедники.//Экология и промышленность России, 1997
4. Бордунов В.В., Полищук Ю.М., Пуговкин М.М. Региональная система контроля и управления качеством речной воды. Часть 1. Общие вопросы построения и использования системы в решении экологических задач региона. Препринт N 60, Томск, Изд-во Томского филиала СО АН СССР, 1988.
5. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.-158 С.
6. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. - СПб.: Наука, 1997. - 247 с.
7. Временные методические рекомендации по прогнозированию химического состава поверхностных вод с учетом перераспределения стока.- Л.: Гидрометеиздат, 1988.
8. Всесторонний анализ окружающей природной среды: Труды V Советско-Американского симпозиума. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.- 248 с.
9. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. Пер. С нем. - М.: Мир, 1994. - 268 с., ил.
10. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде; Справ. изд. - М.: Химия, 1989. - 368 с.
11. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - Л.:Гидрометеиздат, 1979. - 375 с.
12. Комплексный глобальный мониторинг загрязнений окружающей природной среды/ Труды II межд.симпозиума, СССР, Тбилиси, 12-17 октября 1981, Л.:Гидрометеиздат, 1985, 275 С.
13. Комплексные оценки качества поверхностных вод. Ленинград Гидрометеиздат,1984

14. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды/ М.А.Глазовская, Н.С.Касимов, Т.А.Теплицкая и др., М.:Наука,1989.- 264 С.

15. Лебедева А.Н., Лаврик О.Л. Природоохранное законодательство развитых стран: Аналит. обзор/РАН. Сиб. отд-е. ГПНТБ. в 3-х ч. Ч. 2 Защита окружающей среды от загрязнений: методы контроля и регулирования. - Новосибирск, 1992. - 360 С.

16. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический контроль супертоксикантов. - М.: Химия, 1996. - 319 с. ил.

17. Муравьева С.И., Казнина Н.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе: Справ. изд. - М.: Химия, 1988. - 320 с.

18. "Наше общее будущее". Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ./Под ред. и с посл. С.А.Евтеева и Р.А.Перелета. - М.: Прогресс, 1998, с.50.

19. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов.- М.: Медицина, 1990.- 400 с.

20. "Об оценке состояния окружающей среды. Подходы к проблеме." Ю.А.Пых, И.Г.Малкина-Пых, "Экология", 1996, N5, с.323-329

21. Перечень методик измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий, допущенных к применению. - М., 1996.- 23 с.

22. Поляков Ю.А."Научное обоснование создания системы информационных технологий мониторинга земель", Выпуск 1. /Препринт.- Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1996.- 24 с.

23. Поляков Ю.А."Научное обоснование создания системы информационных технологий мониторинга земель", Выпуск 2. /Препринт.- Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1996.- 30 с.

24. Поляков Ю.А. "Научное обоснование создания системы информационных технологий мониторинга земель", Выпуск 3. /Препринт.- Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1996.- 28 с.

25. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том VIII, Л.:Гидрометеиздат, 1985, 275 С.

26. Прохоров Б.Б. Медико-экологическое районирование и региональный прогноз здоровья населения России. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1996. - 70 с.

27. Рабочая книга по прогнозированию /Редкол. :И.В.Бестужев-Лада (отв.ред.)-М.:Мысль, 1982.-430с.
28. Ровинский В.Я. и др. Фоновый мониторинг загрязнений экосистем суши хлорорганическими соединениями. - Л.: Гидрометеиздат, 1990, 270 С.
29. Руководящий документ. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. РД 52.24.309-92. Санкт-Петербург, 1992 г.
30. Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04. 186-89. Москва, 1992
31. Силантьева М.М., Городилова Н.В., Голубева И.В. и др. Экосистемы водоемов Алтайского края. Материалы к изучению. Барнаул.: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1997. - 113 с.
32. Сониясси Р., Сандра П., Шлетт К. Анализ воды: Органические примеси. Практическое руководство. М. 1994. - 248 с.
33. Справочник по гидрохимии./Под ред. Никанорова А.М.Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 391 с.
34. Цхай А.А. Мониторинг и управление качеством вод речного бассейна: Модели и информационные системы/Алт.гос.техн. ун-т им. И.И.Ползунова. - Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1995.-174 с.
35. Экзарьян В.Н. Геоэкология и охрана окружающей среды: Учебник для вузов.- М.: "Экология", 1997. - 176 с.
36. Экология и безопасность жизнедеятельности человека в условиях Сибири: Сборник научных трудов. - Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1997. - 277 с.
37. Report of international meeting on monitoring held in Nairobi 11-20 Feb. 1974.-60 p.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>1. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....</b>	<b>4</b>
1.1. Характер естественных и антропогенных изменений в природе .....	4
1.2. Роль международных организаций в создании системы экологического мониторинга .....	6
1.3. Основные цели и задачи экологического мониторинга....	7
1.4. Классификация систем мониторинга антропогенных изменений состояния природной среды .....	8
1.5. Универсальная схема системы мониторинга .....	11
1.5.1 Наблюдения в системе мониторинга .....	13
1.5.2. Определение приоритетов при организации систем мониторинга. Приоритетные загрязнители .....	15
1.5.3. Оценка антропогенных изменений состояния биосферы .....	18
1.5.4. Методы оценки состояния окружающей среды .....	21
1.5.5. Ландшафтно-экологический подход .....	21
1.5.6. Система индикаторов/индексов качества окружающей среды .....	22
.....	
1.5.7. Оценка экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной ситуации и экологического бедствия .....	26
.....	29
1.5.8. Прогноз и оценка прогнозируемого состояния окружающей среды .....	32
1.5.9. Регулирование качества среды .....	33
1.6. Принципы построения мониторинговых систем реального времени .....	34
.....	34
<b>2. ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА В СВЯЗИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ МАСШТАБАМИ .....</b>	<b>36</b>
2.1. Глобальная система мониторинга окружающей среды ...	36
2.2. Система фоновго мониторинга загрязнения природной среды .....	38
2.2.1. Организация фоновых наблюдений .....	41
2.2.2. Биосферные заповедники .....	41
2.3. Национальные и региональные системы мониторинга ...	
2.3.1. Организация наблюдения и контроля за загрязнением природной среды за рубежом .....	45
2.3.2. Организация наблюдения и контроля за загрязнением природной среды в России .....	45

2.3.2.1. Федеральный уровень. ЕГСЭМ .....	
2.3.2.1. Территориальный уровень. Организация единой территориальной государственной системы экологического мониторинга в Алтайском крае .....	45
2.3.2.2. Инфоормационно-аналитические центры экологического мониторинга .....	55
2.3.2.3. Территориальный уровень. Организация единой территориальной государственной системы экологического мониторинга (АТСЭМ) в Алтайском крае .....	58
2.4. Импактный мониторинг .....	62
<b>3. СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ СРЕД И ЭКОСИСТЕМ .....</b>	<b>63</b>
3.1. Мониторинг атмосферы .....	63
3.1.1. Основные задачи и содержание мониторинга загрязнения атмосферы .....	63
3.1.2. Автоматизированные системы контроля загрязнения воздуха .....	71
3.2. Мониторинг гидросферы .....	76
3.2.1. Основные задачи и содержание мониторинга загрязнения поверхностных вод .....	77
3.2.2. Автоматизированные системы контроля качества поверхностных вод .....	81
3.3. Мониторинг земель .....	83
3.4. Мониторинг геологической среды .....	87
3.5. Мониторинг загрязнения снежного покрова .....	90
<b>4. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....</b>	<b>91</b>
4.1. Дистанционные методы мониторинга .....	91
4.2. Биологические методы мониторинга .....	92
4.2.1. Экологические основы биоиндикации .....	92
4.2.2. Антропогенные факторы, вызывающие у организмов стресс .....	94
4.2.3. Уровни биоиндикации в соответствии с организационными уровнями биологических систем .....	95
4.2.4. Основные принципы применения биоиндикации .....	97
4.2.5. Биоиндикация загрязнения воздуха .....	98
4.2.6. Биоиндикация загрязнения почвы .....	99
4.2.7. Биоиндикация загрязнения береговых и водных экосистем .....	99
4.3. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде .....	100
4.3.1. Отбор проб .....	101
4.3.2. Пробоподготовка .....	103
4.3.3. Методы измерения контролируемого параметра .....	105

4.3.4. Обработка и хранение результатов	
.....	108
4.3.5. Особенности анализа следовых количеств загрязняющих веществ	
.....	109
4.3.6. Обеспечение качества анализа объектов окружающей среды	
.....	111
ЛИТЕРАТУРА	.....113