

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Р.Н. АПКИН, Е.А. МИНАКОВА**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**



**КАЗАНЬ 2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Р.Н. АПКИН, Е.А. МИНАКОВА

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Учебное пособие

Издание второе,  
исправленное и дополненное

Казань2015

УДК 20.1  
ББК 574  
А76

*Рецензенты:*

кандидат географических наук, доцент Казанского  
(Приволжского) федерального университета *Р.А. Уленгов*;  
кандидат технических наук, доцент Казанского  
государственного энергетического университета *Е.О. Шинкевич*

**Апкин Р.Н., Минакова Е.А.**

А76 Экологический мониторинг: учебное пособие / Р.Н. Апкин, Е.А. Минакова. – 2-е изд., испр. и доп. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 127 с.

Изложены основы экологического мониторинга: основные методы получения информации о состоянии различных природных сред, эмиссии загрязняющих веществ, оценки состояния окружающей среды. Приведены основы экологического права в области экологического мониторинга и его организации в Российской Федерации и Республике Татарстан.

Составлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлениям бакалавриата «Техносферная безопасность» и «Биология», магистратуры «Биология» и специальности «Биология».

© Апкин Р.Н., Минакова Е.А., 2015

©Казанский государственный энергетический университет, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие «Экологический мониторинг» подготовлено кафедрой «Инженерная экология и рациональное природопользование» Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ) совместно с кафедрой «Биоэкология» Казанского (Приволжского) Федерального университета (КФУ). Пособие по существу является частью курсов лекций, читаемых студентам в КГЭУ при подготовке бакалавров по профилю «Инженерная защита окружающей среды» направления «Техносферная безопасность» по дисциплине «Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг» и в КФУ при подготовке по направлениям бакалавров «Биология», магистратуры «Биология» и специальности «Биология» по дисциплине «Экологический мониторинг».

Целью освоения этих дисциплин является изучение методов и приборов экологического контроля и мониторинга, организации государственных служб наблюдения за состоянием окружающей среды и метрологического обеспечения средств системы контроля.

Согласно основной общеобразовательной программе ВПО, профессиональная деятельность бакалавров по данным профилям включает следующие требования:

- обеспечение безопасности человека в современном мире;
- формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы;
- минимизация техногенного воздействия на природную среду;
- сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования;
- защита окружающей природной среды от негативного антропогенного воздействия.

В задачи дисциплин входят:

- изучение системы организации государственного и производственного экологического контроля;
- изучение измерительных приборов и особенности работы с ними;
- изучение методов исследования, правил и условий выполнения работ;
- определение физико-химическими методами величин, необходимых для оценки экологического состояния изучаемой среды.

Пособие состоит из четырех глав, в каждой из которых выделены наиболее важные вопросы, излагаемые на лекционных занятиях.

В первой главе даются основные понятия, цели, задачи и классификация экологического мониторинга, а также краткая история становления контроля и мониторинга окружающей природной среды.

Вторая глава посвящена методам и способам проведения экологического мониторинга.

В третьей главе рассматриваются особенности проведения мониторинга по природным средам.

В четвертой главе изложены правовые основы и организация государственного экологического мониторинга в России и Республике Татарстан.

Таким образом, учебное пособие «Экологический мониторинг» содержит сведения, необходимые для решения проблем, связанных с проведением мониторинга и оценки состояния окружающей природной среды, и способствует формированию будущего бакалавра, способного решать вопросы защиты окружающей среды.

# 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

## 1.1. История развития системы экологического мониторинга

В различных видах своей деятельности человек издавна применяет систему наблюдений за объектами или явлениями. Уже в древности люди могли предвидеть время начала наводнения, составить примерный прогноз погоды и др. Например, знаменитый греческий философ Фалес Милетский (VII–VI в.в. до н.э.) прославился предсказанием солнечного затмения (585 год до н.э.), а до него вавилонские астрономы могли вполне успешно предсказать затмение луны. Передают еще, что Фалес однажды, предвидя на основании астрономических данных богатый урожай оливок, роздал небольшую сумму денег в задаток владельцам всех маслобоен в Милете и на Хиосе. Когда наступило время сбора оливок, начался внезапный спрос на маслобойни. Тогда он стал отдавать на откуп законтрактованные им маслобойни и, таким образом, сильно обогатился. Или, например, ученик Фалеса Анаксимандр предсказывал землетрясения, что и сегодня является не легкой задачей [1]. Также блестящие образцы организации наблюдений за природной средой описаны в 37 томах «*Historia naturalis*» («Естественная история») римского ученого-энциклопедиста Плиния Старшего (I век н.э.), которые содержали сведения по астрономии, физике, географии, зоологии, ботанике, медицине, истории, сельскому хозяйству и вплоть до эпохи средневековья служили наиболее полной энциклопедией знаний [2]. В качестве примеров можно также привести всем известные народные приметы прогноза погоды, которые сложились по многовековым наблюдениям, передавались из поколения в поколение и составляют часть культуры большинства народов.

К концу 60-х гг. XX в., в результате наблюдений и их анализа, почти все высокоразвитые страны пришли к выводу о необходимости принятия срочных мер для предотвращения ухудшения состояния и деградации природной среды. Позднее (в 70-х гг.) стало ясным, что необходим научный подход к оценке состояния природной среды и разработка моделей взаимодействия общества с природой [3].

В связи с мощным антропогенным прессом на природную среду и бурным развитием техносферы главной задачей человечества в настоящее время является поиск путей выхода из создавшейся критической экологической ситуации. Но для того, чтобы принять правильные решения, необходимо иметь полную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды.

За время существования человечества, особенно в XX веке, был накоплен большой фактический материал по изменению природы, а также природно-антропогенных систем. Однако для оценки, прогнозирования и своевременного предупреждения возможных неблагоприятных последствий нужны специальные наблюдения, которые велись бы с учетом связей (прямых и обратных) между деятельностью людей и состоянием окружающей среды.

Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. Под термином мониторинг (от английского *monitoring* – контроль, смысл – от латинского *monitor* – тот, кто напоминает, предостерегает, надзиратель) было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды.

В это же время (1972 г.) появились и первые предложения о необходимости создания Глобальной системы мониторинга окружающей среды, которая в настоящее время еще не создана из-за разногласий в объемах, формах и объектах мониторинга, распределения обязанностей между существующими системами наблюдений и других проблем политического характера. Но в будущем такая система должна сложиться, став частью единого интегрирующего процесса, происходящего в мире, называемой глобализацией.

С самого начала в трактовке мониторинга проявились две точки зрения. Многие зарубежные исследователи предлагали осуществлять систему непрерывных наблюдений одного или нескольких компонентов окружающей среды с заданной целью и по специально разработанной программе. Другая точка зрения (Ю.А. Израэль, 1977 г.) предлагала понимать под мониторингом только такую систему наблюдений, которая позволяет выделить изменения состояния биосферы под влиянием антропогенной деятельности, т.е. мониторинг только антропогенных изменений окружающей природной среды [4]. По мнению еще одного российского исследователя И.П. Герасимова (1975 г.), объектом общего мониторинга предлагалось считать многокомпонентную совокупность природных явлений, подверженных многообразным естественным динамическим изменениям и испытывающих разнообразные воздействия и преобразования ее человеком [5].

На современном этапе забота о сохранении природы заключается не только в разработке и соблюдении законодательств об охране Земли и ее недр, лесов и вод, атмосферного воздуха, животного и растительного мира, но и в познании закономерностей причинно-следственных связей между

различными видами человеческой деятельности и изменениями, происходящими в природной среде.

В последние десятилетия общество все шире использует в своей деятельности сведения о состоянии природной среды. Эта информация нужна в повседневной жизни людей, при ведении хозяйства, в строительстве, при чрезвычайных обстоятельствах – для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы. Но изменения в состоянии окружающей среды происходят и под воздействием биосферных процессов, связанных с деятельностью человека. Определение вклада антропогенных изменений представляет собой специфическую задачу.

К настоящему времени уже больше века во многих развитых странах мира ведутся регулярные метеорологические, сейсмологические, фенологические и другие наблюдения, которые помогают с большей точностью прогнозировать будущее состояние окружающей природной среды.

На территории России впервые контроль за состоянием природной среды стал осуществляться в 30-е гг. прошлого столетия на нескольких водных объектах, где определялось минимальное число поллютантов (главные ионы и биогенные элементы). В 50-х гг.(XX в.) начаты работы по наблюдению за радиоактивным загрязнением природной среды, а с 1963 г. за состоянием атмосферного воздуха и водных объектов. С 1963 по 1972 гг. шло организационное становление первого этапа наблюдений за загрязнением природной среды. В 1972 г. на базе органов Гидрометслужбы, Минздрава и Минсельхоза и ряда других заинтересованных министерств и ведомств была организована общегосударственная служба наблюдения и контроля загрязнения природной среды (ОГСНК). В структурном отношении ОГСНК состояла из подсистем наблюдений и контроля за загрязнением атмосферного воздуха, вод суши, морей и океанов, почв, а также фонового загрязнения различных сред включая биосферные заповедники.

Основным принципом организации наблюдений являлась их комплексность, которая предусматривала согласованную работу всех ведомств по организации наблюдений в природной среде, синхронность наблюдений и согласованность сроков их проведения с характерными гидрометеорологическими ситуациями [6].

В связи с ростом энергопотребления, особенно актуальным в наше время становится мониторинг поллютантов поступающих в окружающую среду в виде выбросов, сбросов и других отходов от предприятий энергетики. Мониторинг в энергетике не должен выглядеть только в форме контроля за выбросами (или сбросами) и слежением за режимом работы пред-



приятия. Здесь должен проводиться комплексный экологический мониторинг, т.е. необходим мониторинг всей геоэкосистемы.

## 1.2. Цели и задачи экологического мониторинга

Понятие **мониторинг** (от лат. *monitor* – управление, слежение) вошло в научную литературу сравнительно недавно – в начале 1970-х гг. и подразумевает слежение за какими-то объектами или явлениями.

Как известно, человек информацию об объектах или явлениях собирает путем *наблюдений* или осуществляя *контроль* за их состоянием. Однако не следует отождествлять эти понятия с *мониторингом*. Мониторинг по объему более широкое понятие, оно означает систему систематических наблюдений одного или более элементов в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой.

**Экологический мониторинг** – это информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов [7].

Основная **цель** экологического мониторинга заключается в создании информационной системы, позволяющей получать достоверные сведения о состоянии окружающей среды и ее изменениях в физических и биотических компонентах под действием естественных и антропогенных факторов.

Экологический мониторинг решает следующие **задачи**:

- сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных;
- обработку и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт;
- усовершенствование и разработку методов получения исходной информации, оценка текущего состояния окружающей среды и прогноза;
- анализ причин наблюдаемых и вероятных изменений состояния;
- оперативное обеспечение необходимой информацией всех заинтересованных лиц.

Одна из первых обзорных классификаций систем и подсистем мониторинга разных типов была составлена в начале 1970-х гг. Ю.А. Израэлем. В соответствии с целью и задачами он определил структуру и функции экомониторинга (рис.1), наличие прямых и обратных связей между его собственными элементами, взаимосвязь мониторинга с управлением окружающей средой.

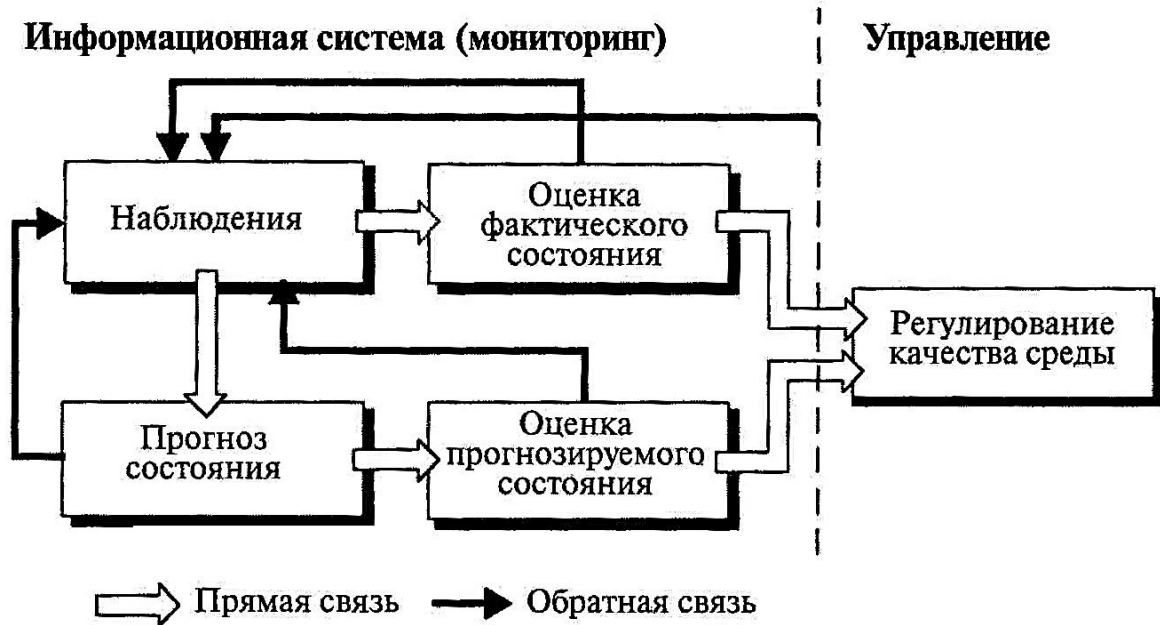


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга [7]

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

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

Благодаря экологическому мониторингу становится возможным прогнозирование и предупреждение создающихся критических ситуаций в среде обитания человека.

Окружающая среда человека – многокомпонентная и многофункциональная система. Множество объектов экологического мониторинга может быть представлено следующими группами [8].

1. Атмосфера – воздушная среда, метеорологические процессы и климат, пограничные процессы в приземном слое и на границе «океан-атмосфера», естественные и техногенные загрязнения воздушного бассейна и их перенос.

2. Гидросфера – поверхностные воды и водные объекты, грунтовые и подземные воды, гидрохимия, динамика водных масс, источники питьевой и промышленной воды, системы сточной и ливневой канализации, очист-

ные системы и сооружения, гидротехнические и мелиорационные системы, загрязнение водных объектов, особенно источников питьевой воды, перенос загрязняющих веществ в водных средах.

3. Литосфера – геологические и геоморфологические характеристики территорий, геологические природные комплексы, природные ископаемые и их разработка, частично почвы и агрохимические характеристики, общие вопросы землепользования, ресурсы, их разработка.

4. Педосфера – почва, культивация и рекультивация земель, водная и ветровая эрозия почв, пестицидное загрязнение почв, разрушение почв под воздействием внесения минеральных удобрений и водных мелиораций, почвы селитебных территорий.

5. Биота – растительность, животный мир, обитатели водоемов, лесное хозяйство, лесозащитные насаждения, особо охраняемые природные территории, природно-территориальные комплексы и ландшафты, их пауперизация (обнищание) и дегрессия.

6. Подгруппы селитебных территорий и урбоэкосистем:

– города, поселки, деревни, системы их обеспечения и функционирования;

– промышленные объекты и зоны, зоны добычи ископаемых ресурсов;

– объекты сельскохозяйственного производства (фермы, технические станции, гидромелиоративные системы, системы орошения, предприятия по переработке продукции, зернохранилища, предприятия по подготовке кормов и хранилищ кормов, системы утилизации отходов производства);

– объекты инфраструктуры (автомобильные, водные и воздушные сообщения, электрические энергосистемы и тепловые сети, продуктопроводы, системы связи, гидротехнические и гидроэнергетические системы, инженерные системы и сооружения);

– социально-экономические факторы (жилищные условия, занятость и условия труда, отдыха и досуга, образование, дошкольные учреждения, спортивно-оздоровительная система, культурно-просветительская система, законодательное и нормативное обеспечение, система правовой и экономической защиты);

– охрана здоровья (санитария и гигиена, охрана труда, санитарно-эпидемиологический контроль, восстановление трудоспособности, неотложная, скорая и экстренная медицинская помощь, медикаментозное обеспечение, санаторно-курортные учреждения, профилактории и реабилитационные центры).

Любое группирование объектов экологического мониторинга является условным. Данный список не претендует на универсальность, но по нему видно, что организация системы экологического мониторинга, которая была бы способна предоставить объективную и достоверную информацию о состоянии природной среды, является очень сложной задачей.

### 1.3. Классификация систем мониторинга

Мониторинг состояния окружающей среды предусматривает постоянное наблюдение за процессами, происходящими в природе и техносфере, с целью предвидения изменений их качества, ухудшения среды обитания человека, деградации биосферы.

В зависимости от конкретных целей, задач, объектов наблюдения различают несколько видов и классов мониторинга. Существуют различные подходы к классификации экологического мониторинга – по характеру решаемых задач, по уровням организации, по природным средам, за которыми ведутся наблюдения, по методам ведения наблюдений и другие.

Отраженная на рис. 2 классификация охватывает весь блок экологического мониторинга: наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия, абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения.

Мониторинг источников воздействия	<b>Источники воздействия</b>			
Мониторинг факторов воздействия	<b>Факторы воздействия</b>			
	Физические	Биологические	Химические	
Мониторинг состояния биосферы	<b>Природные среды</b>			
	Атмосфера	Океан	Поверхность суши с реками и озерами	Биота
	Геофизический мониторинг			Биологический мониторинг

Рис. 2. Классификация экологического мониторинга [9]

Таким образом, экологический мониторинг включает как геофизические, так и биологические аспекты, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении.

Различные подходы к классификации экологического мониторинга можно обобщенно представить в следующей таблице (табл. 1).

Таблица 1

Существующие подходы к классификации  
экологического мониторинга

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
1. Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни) Национальный мониторинг Международный мониторинг
2. Реакция основных составляющих биосферы	Геофизический мониторинг Биологический мониторинг Экологический мониторинг (включая вышеназванные)
3. Различные среды	Мониторинг загрязнений и изменений в атмосфере, гидросфере, почве, загрязнений биоты
4. Факторы и источники воздействия	Ингредиентный мониторинг (радиоактивных продуктов, шумов) Мониторинг источников загрязнения
5. Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы Мониторинг генетический
6. Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим, биологическим показателям Спутниковый (дистанционный) мониторинг
7. Системный подход	Медико-биологический мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг

Ю.А. Израэлем предложена следующая классификация экологического мониторинга [10].

1. По наблюдениям за реакцией составляющих биосферы:
  - биологический мониторинг – наблюдения за биотической составляющей;
  - геофизический мониторинг – наблюдения за абиотическими составляющими.
2. Мониторинг по факторам и объектам воздействия:

- мониторинг различных загрязнителей (ингредиентный);
- мониторинг в различных средах (приземный слой атмосферы, верхняя атмосфера, литосфера, почва, воды суши, воды морей и океанов);
- мониторинг источников загрязнения (точечные источники – промышленные предприятия, точечные передвижные – транспорт, площадные – поля, города и т.п.);
- мониторинг объектов воздействия (живые организмы – популяции животных, человек и т.п., неживые объекты – здания, сооружения и т.п.).

### 3. Мониторинг по масштабам воздействия:

- точечный;
- районный;
- региональный;
- глобальный.

### 4. Мониторинг по методам наблюдений:

- измерение химических показателей;
- измерение физических показателей;
- измерение биологических показателей.

По характеру обобщения информации различают следующие системы мониторинга: глобальный, фоновый, региональный, локальный (рис. 3). Данный подход положен в основу классификации систем мониторинга по территориальному принципу [10, 11]:

1. *Базовый (фоновый) мониторинг* представляет собой наблюдение за общебиосферными природными явлениями и процессами без наложения на них региональных техногенных явлений с целью получения информации о биосфере в целом или об отдельных биосферных процессах (об изменении климата, состоянии озонового экрана и т.п.). Данный вид мониторинга осуществляется под эгидой Программы ООН по окружающей среде и развитию (ЮНЕП) на станциях комплексного фонового мониторинга в биосферных заповедниках. Его целью является получение данных о фоновом (естественном) состоянии окружающей среды в далеком прошлом, до того, как началось ее интенсивное преобразование человеком. Поэтому базовый мониторинг ведется на базовых (фоновых) станциях, расположенных на значительном удалении от основных промышленных районов Земли. Методика наблюдений и оборудование, установленное на этих станциях, унифицированы в соответствии с международными соглашениями. Наземные базовые (фоновые) станции размещаются на территории биосферных заповедников – строго охраняемых крупных участков, прак-

тически не испытывающих локальных воздействий человеческой деятельности.



Рис. 3. Классификация экологического мониторинга по территориальному принципу[11]

2. *Глобальный мониторинг* охватывает всю биосферу Земли, но включает в себя наблюдения как за природными, так и за техногенными процессами и явлениями и прогнозирование возможных неблагоприятных изменений. В каждой стране глобальный мониторинг ведется по своей национальной программе. В России вопросами глобального мониторинга занимается Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), формирование которой начато в 1993 г. ЕГСЭМ призвана обеспечивать органы государственного управления и природопользования современной и достоверной информацией о состоянии природной среды в различных регионах России. Эта информация позволяет принимать взвешенные и обоснованные решения в области охраны природы и обеспечения экологической безопасности.

3. *Региональный мониторинг*– слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы.

4. *Локальный мониторинг*– слежение за воздействием конкретного антропогенного источника (проводится на сравнительно небольшой терри-

тории водного объекта, лесного массива, города, территории крупного предприятия). *Импактный* («точечный») мониторинг – разновидность локального мониторинга, который осуществляется в особо опасных зонах или местах источников загрязнения.

*Наземный мониторинг* проводится для наблюдений, которые не могут быть получены другими методами. К таковым относят определение физических или химических параметров приземного слоя воздуха, растительности, почв. В наземном мониторинге часто применяют методы биоиндикации. В зависимости от масштаба объектов и задач наблюдений И.П. Герасимовым выделено три уровня наземного мониторинга: биоэкологический (санитарно-гигиенический), геосистемный (геоэкологический в интерпретации) и биосферный (глобальный) (табл. 2).

*Биоэкологический мониторинг* выступает как исходная ступень системы наблюдений и контроля. Его основная функция – получение оперативной информации о состоянии окружающей среды с точки зрения ее влияния на здоровье человека и населения. Здоровье человека рассматривается как интегральный показатель состояния среды, а, следовательно, выступает в качестве главного объекта мониторинга. Наблюдению и контролю подлежат характеристики приземных слоев атмосферы, питьевой воды, промышленных и бытовых стоков, пищевых продуктов и других факторов, определяющих здоровье населения. Наблюдения должны проводиться в местах концентрации людей и районах их наиболее интенсивной деятельности (как правило, в пределах локальных ареалов). Они призваны контролировать линии связи человека (особенно трофические) с окружающей его природной средой. В этом биоэкологическому мониторингу большую помощь могут оказать гидрометеорологическая и санитарно-эпидемиологическая службы, служба защиты растений, гидробиологический контроль.

Вторую ступень системы наблюдений представляет *геосистемный мониторинг*. Он включает наблюдения за изменением состояния наиболее репрезентативных геосистем и экосистем, их преобразованием из природных в природно-антропогенные. Геосистемный мониторинг позволяет выявить генезис и взаимную связь тех явлений в окружающей среде, которые служат индикаторами антропогенного воздействия (в частности загрязнения), предвидеть трансформации природных комплексов, ухудшающие среду обитания человека.



Таблица 2

Система наземного мониторинга окружающей среды  
по И.П. Герасимову [5]

Ступени мониторинга	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели мониторинга
Биоэкологический (санитарно-гигиенический)	Приземный слой воздуха	ПДК токсичных веществ
	Поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки и различные выбросы	Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и др.)
	Радиоактивные излучения	Предельная степень радиоизлучения
Геосистемный природно-хозяйственный)	Исчезающие виды животных и растений	Популяционное состояние видов
	Природные экосистемы	Их структура и нарушения
	Агроэкосистемы	Урожайность сельскохозяйственных культур
	Лесные экосистемы	Продуктивность насаждений
Биосферный (глобальный)	Атмосфера	Радиационный баланс, тепловой перегрев, состав и запыление
	Гидросфера	Загрязнение реки и водоемов, круговорот воды на континентах
	Растительный и почвенный покров, животные	Глобальные круговороты и баланс CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> и других веществ. Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных

Индикаторами изменений выступают показатели, характеризующие не только отдельные компоненты природы (в границах геосистем), но и комплексы в целом (продуктивность биогеоценозов, баланс вещества и энергии, способность к самоочищению и др.). Объектами наблюдений являются типичные геосистемы и экосистемы – природные, находящиеся в естественном режиме, природно-антропогенные (прежде всего сельскохозяйственные) и антропогенные комплексы (например, городские территории). В первой группе объектов выявляются трофические связи (биологические круговороты) и их нарушения, во-

второй исследуются возможности использования природных ресурсов экосистем в интересах человека (особенно для производства биомассы), в третьей группе изучается эффективность методов управления природопользованием с точки зрения сохранения и улучшения окружающей среды для населения. Наблюдательная сеть геосистемного мониторинга должна включать гидрометеорологические станции, природные заповедники, географические стационары, сельскохозяйственные опытные станции, природно-мелиоративные стационары.

Третьей ступенью мониторинга окружающей природной среды является *биосферный мониторинг*. Его задача – наблюдения, контроль и прогнозирование возможных изменений природных компонентов на глобальном уровне. В качестве объектов мониторинга выступают наиболее крупные составные части биосферы – атмосфера, гидросфера, почвенный покров, биотические компоненты. Важное значение имеют наблюдения за изменением солнечной радиации и состава атмосферы, мировым водным балансом и его нарушениями, антропогенным преобразованием геохимического круговорота, загрязнением почв и биологических систем. Одной из функций глобального слежения является определение фоновых параметров, необходимых для выявления локальных и региональных изменений состояния окружающей природной среды. Получение информации о состоянии природной среды должно опираться на методы дистанционного зондирования и наблюдения на станциях и полигонах, расположенных в различных физико-географических условиях поверхности Земли.

*Авиационный мониторинг* ориентирован на региональные или локальные явления. Он широко используется в целях инвентаризации лесов, выявления очагов возгорания и площадей, пораженных пожарами, промышленными загрязнениями, вредителями.

*Космический мониторинг* позволяет составить представление об отдельных изменениях в биосфере, которые не выявляются другими методами. На основе космической информации ведутся планомерные широкомасштабные исследования природных ресурсов, окружающей среды, изучаются результаты воздействия хозяйственной деятельности, изменение границ природных зон, динамику и состояние лесов.

При классификации систем экологического мониторинга по методам наблюдения выделяют дистанционный, биологический, физический и химический [11].

*Дистанционный мониторинг* проводится без непосредственного контакта с объектом исследования с помощью съемочной аппаратуры.

*Биологический мониторинг* мониторинг, осуществляется с помощью биоиндикаторов (т.е. таких организмов, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде).

*Физический мониторинг* – система наблюдений за влиянием физических процессов и явлений на природную среду (наводнения, вулканизм, землетрясения, цунами, засухи, эрозия почв и т.д.).

*Химический мониторинг* – это система наблюдений за химическим составом (природного и антропогенного происхождения) атмосферы, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почв, донных отложений, растительности, животных и контроль за распространением химических загрязняющих веществ. Глобальной задачей химического мониторинга является определение фактического уровня загрязнения природной среды высокотоксичными поллютантами.

Теоретически экологический мониторинг должен проводиться за каждым веществом-загрязнителем природной среды, но такой подход при организации системы мониторинга, по мнению Н.Ф. Реймерса, нереален [10]. Экологический мониторинг может вестись лишь обобщенно за интегральным воздействием человека на условия собственного существования и на природу. По его мнению, экологический мониторинг целесообразно разделить на фоновый и импактный, и экосистемный и компонентный. Экосистемный мониторинг в этом случае должен проводиться по иерархии экосистем, агросистем, урбосистем, а компонентный – по компонентам природной среды.

Деление экологического мониторинга по природным средам довольно условно, так как каждая природная среда тесно взаимосвязана с другими, и ее состояние зависит от состояния других сред. Поэтому при экологическом мониторинге природной среды должен осуществляться комплексный подход. В то же время деление по природным средам является очень важным моментом при организации экологического мониторинга, поскольку каждая составляющая природной среды по-своему специфична и имеет только ей присущие свойства, что требует индивидуального подхода при выборе метода и средств ее исследований.

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

Сегодня сеть наблюдений за источниками воздействия и за состоянием биосферы охватывает уже весь земной шар. На Стокгольмской конференции ООН в 1972 г. была выработана Программа ООН по окружаю-

щей среде (ЮНЕП), включающая рекомендации по организации Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС), целью которой определено предоставление информации, необходимой для обеспечения настоящей и будущей защиты здоровья, благополучия, безопасности и свободы людей и управления окружающей средой и её ресурсами. В 1974 г. совместными усилиями мирового сообщества была создана как часть Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

Задачи Глобальной системы мониторинга окружающей среды ГСМОС:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью людей;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;
- оценка качества и распределения загрязнения в биологических системах;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;
- оценка экологических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка загрязнения Мирового океана и его влияния на экосистемы;
- усовершенствование системы предупреждений о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- импактный (изучение значимых воздействий в локальном масштабе);
- региональный (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона и трансграничного переноса);
- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность).

Программа импактного мониторинга может быть направлена, например, на изучение особенностей поступления в окружающую среду и рассеяния в ней потоков загрязняющих веществ, содержащихся в отходящих газах или сточных водах конкретного предприятия.

Предметом регионального мониторинга, как следует из самого его названия, является состояние окружающей среды в пределах того или иного региона.

Фоновый мониторинг, осуществляемый в рамках международной программы «Человек и биосфера», имеет целью зафиксировать фоновое состояние окружающей среды, что необходимо для дальнейших оценок уровней антропогенного воздействия.

Программы наблюдений формируются по принципу выбора приоритетных (подлежащих первоочередному определению) загрязняющих веществ и интегральных (отражающих группу явлений, процессов или веществ) характеристик. Классы приоритетности загрязняющих веществ, установленные экспертным путем и принятые в системе ГСМОС, приведены в табл. 3 [7].

Определение приоритетов при организации систем мониторинга зависит от цели и задач конкретных программ: так, в региональном мониторинге приоритет отдан городам, водным объектам – источникам питьевого водоснабжения и местам нерестилищ рыб, поэтому в отношении сред наблюдений, в первую очередь, исследуют атмосферный воздух и воду пресных водоемов. Приоритетность ингредиентов определяется с учетом критериев, отражающих токсические, радиоактивные или болезнетворные свойства загрязняющих веществ, объемы их поступления в окружающую среду, особенности трансформации, вероятность и величину воздействия на человека и биоту и другие факторы.

На территории СССР в 70-е гг. на базе станций гидрометеослужбы была организована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК), построенная по иерархическому принципу (рис. 4).

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

К настоящему времени массивные сборники типа «Ежегодных данных...» в библиотеки практически не поступают. Некоторые материалы можно получить (приобрести) в региональных подразделениях Росгидромета.

Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности, принятая в системе ГСМОС

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы (уровень мониторинга)
1	Диоксид серы, взвешенные частицы	Воздух	И,Р,Ф
	Радионуклиды	Пища	И, Р
2	Озон*	Воздух	И (тропосфера), Ф (стратосфера)
	Хлорорганические соединения и диоксины	Биота, человек	И, Р
	Кадмий	Пища, вода, человек	И
3	Нитраты, нитриты	Вода, пища	И
	Оксиды азота	Воздух	И
4	Ртуть	Пища, вода	И,Р
	Свинец	Воздух, пища	И
	Диоксид углерода	Воздух	Ф
5	Оксид углерода	Воздух	И
	Углеводороды нефти	Морская вода	Р, Ф
6	Фториды	Пресная вода	И
7	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
8	Микробиологическое загрязнение	Пища	И, Р
	Реакционноспособные углеводороды	Воздух	И



Рис.4. Поток информации в иерархической системе ОГСНК

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

Решение о создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) было принято в 1993 г. и утверждено Постановлением Правительства РФ от 24 ноября 1993 г. № 1229.

Основной концепцией создания системы явилось объединение возможностей и усилий многочисленных государственных служб для решения задач комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния окружающей среды в Российской Федерации. Общее руководство деятельностью ЕГСЭМ было возложено на Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов.

В настоящее время работы по созданию ЕГСЭМ находятся на стадии пилотных проектов регионального масштаба. Предполагается, что ЕГСЭМ как центр единой научно-технической политики в области экологического мониторинга будет обеспечивать реализацию следующих положений:

- осуществление координации разработки и выполнения программ наблюдений за состоянием окружающей среды;
- проведение регламентации и контроля сбора и обработки достоверных и сопоставимых данных;
- обеспечение хранения информации, ведения специальных банков данных и их гармонизации (согласование, телекоммуникационную связь) с международными эколого-информационными системами;
- осуществление деятельности по оценке и прогнозу состояния объектов окружающей природной среды, природных ресурсов, откликов экосистем и здоровья населения на антропогенное воздействие;
- создание условий для доступности интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей.

Значительный интерес представляет распределение функций в рамках ЕГСЭМ. Это распределение разработано на основе сложившейся практики, целей и задач министерств и ведомств. Поэтому, независимо от функционирования ЕГСЭМ, оно дает общее представление о той информации, которую собирают и накапливают различные органы.

Распределение приводится ниже по Постановлению Правительства РФ «Распределение функций в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти» № 1229 от 24 ноября 1993 г.

### *Регламентация государственных наблюдений в системе ЕГСЭМ*

Система государственного экологического мониторинга строится на наблюдениях, регламентированных самым строгим образом. Список параметров состояния окружающей среды, определяемых государственными службами, четко установлен, так же, как требования к используемым средствам и методам измерений, частоте отбора проб и др.

В системе Росгидромета за качеством атмосферного воздуха населенных пунктов ведутся наблюдения со стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постов.

На стационарных постах устанавливаются павильоны типа «Пост-1», «Пост-2», «Воздух», оснащенные аппаратурой для отбора проб и приборами для определения метеорологических параметров.

Для постов наблюдений ГОСТ 17.2.3.07-86 «Правила контроля воздуха населенных пунктов» установлено четыре программы наблюдений:

- полная (ежедневные наблюдения в 1, 7, 13 и 19 часов с получением информации о среднесуточных и разовых концентрациях вредных веществ);

- неполная (ежедневные наблюдения в 7, 13 и 19 часов с получением информации о разовых концентрациях вредных веществ);

- сокращенная (наблюдения в 7 и 13 часов при температуре воздуха ниже – 45°С в местах, где содержание примесей низкое);

- суточная (непрерывный отбор проб для определения среднесуточных концентраций вредных веществ).

Методы пробоотбора и анализа детально описаны и регламентированы соответствующим руководством.

Выбор исследуемых примесей осуществляется в зависимости от количества выбросов этих веществ, их класса опасности, характерного размера города, рассеивающей способности атмосферы конкретного района.

Считается, что при незначительных объемах выбросов, когда приземные концентрации близки к фоновым, наблюдения нецелесообразны.

Порядок организации и проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод определен ГОСТ 17.1.3.07–82 «Охрана природы. Гидросфера». Разработанная система предусматривает согласованную программу работ по гидрологии, гидрохимии и гидробиологии.

Пункты наблюдений устанавливаются в зависимости от хозяйственного значения водных объектов, их размеров и экологического состояния. Периодичность наблюдений определяется категорией пункта.

Пункты наблюдений первой и второй категорий устанавливаются в крупных городах, в районах повторяющихся аварийных сбросов и высокой



загрязненности – от 10 до 100 ПДК и более (в соответствии с типом водного объекта).

Пункты третьей категории устанавливаются в районах расположения городов с населением менее 0,5 млн человек (большая часть населения России проживает в малых городах), в замыкающих створах больших и средних рек и водоемов, в районах организованного сброса сточных вод, где систематическая загрязненность воды по одному или нескольким загрязняющим веществам достигает 10 ПДКв (в соответствии с типом водного объекта).

Наблюдения за уровнем загрязнения почв носят, как правило, экспедиционный характер и выполняются в соответствии с требованиями ГОСТа 17.4.4.02–84 «Охрана природы. Почвы». Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа на определенных площадях по регулярной сети опробования, на ключевых участках, характеризующих типичные сочетания природных условий и антропогенного воздействия, на отдельных почвенно-геохимических профилях.

Унифицированная и строго регламентированная система определяет сопоставимость всех получаемых в сети мониторинга сведений. Однако, в ряде случаев это приводит к тому, что автоматически выполняются анализы, не имеющие особой практической ценности, в то время как реальные проблемы могут остаться вне поля зрения службы мониторинга.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Дайте определение термину экологический мониторинг.*
- 2. Для чего осуществляют мониторинг окружающей природной среды?*
- 3. Назовите основные задачи экологического мониторинга.*
- 4. Перечислите основные принципы классификации экологического мониторинга.*
- 5. Приведите классификации экологического мониторинга по А.П. Герасимову и Ю.А. Израэлю.*
- 6. Правовые основы ведения экологического мониторинга компонентов и комплексов природной среды РФ.*
- 7. Определите соотношение экоконтроля и экомониторинга в современных законах.*
- 8. Разъясните особенности применения закона Российской Федерации «О недрах» в экомониторинге.*

9. Роль Федерального Закона «Об охране атмосферного воздуха» в формировании экомониторинга.

10. Значение экомониторинга в трактовке Водного кодекса Российской Федерации.

11. Правовые основы ведения мониторинга земель.

12. Особенности Федерального Закона «Об отходах производства и потребления» в области экомониторинга.

13. Применение экомониторинга в Федеральном Законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

14. Значение мониторинга в трактовке закона «О гидрометеорологической службе».

## 2. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

### 2.1. Контактные методы

Контактные методы контроля состояния окружающей среды представлены как классическими методами химического анализа, так и современными методами инструментального анализа. Суть этих методов заключается в непосредственном изучении пробы исследуемой среды (воды, воздуха или почвы). Классификация контактных методов контроля приведена на рис. 5.

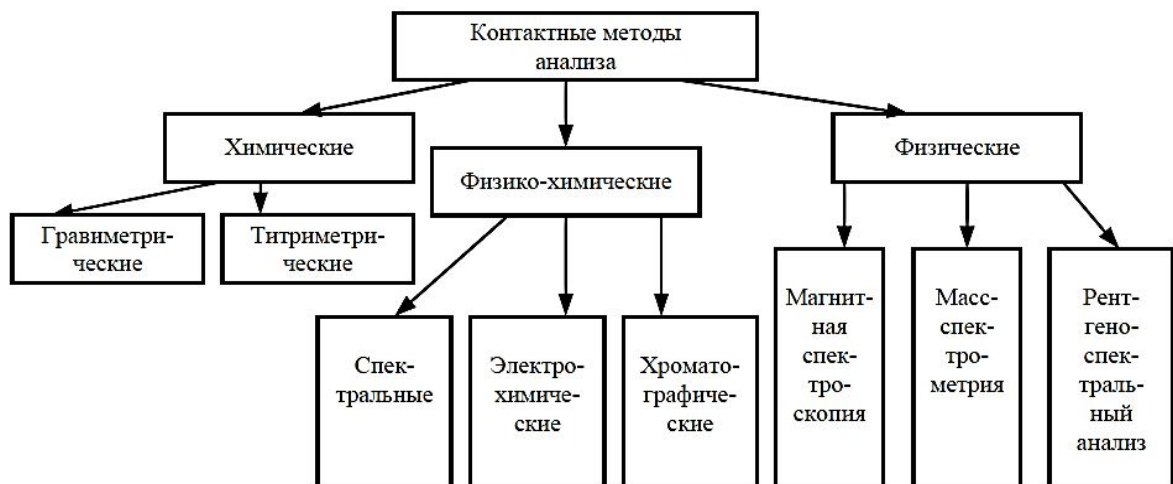


Рис. 5. Структура контактных методов наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды [12]

Общая схема контроля включает этапы:

1) отбор пробы;

- 2) обработка пробы с целью консервации измеряемого параметра и её транспортировка;
- 3) хранение и подготовка пробы к анализу;
- 4) измерение контролируемого параметра;
- 5) обработка и хранение результатов.

Пробоотбор зачастую предопределяет результаты анализа, так как возможно загрязнение пробы в процессе её отбора, особенно когда речь идёт об измерении ничтожно малых количеств загрязняющего вещества. Здесь важен и выбор места и средства отбора, и чистота пробоотборников и тары для хранения пробы.

Подготовка пробы к анализу может включать в себя либо концентрирование измеряемого ингредиента, либо его химическую модификацию с целью проявления аналитически наиболее выгодных свойств. Концентрирование достигается двумя путями: методом сорбции анализируемого компонента (на твёрдом сорбенте или при экстракции растворителем), методами уменьшения объёма пробы, содержащей компонент, например путём вымораживания, соосаждения или выпаривания. Конечно, любая такая процедура может влиять на результат анализа, поэтому «внутренний стандарт» необходим.

Эффективность любого метода наблюдений и контроля за состоянием объектов окружающей среды оценивается следующей совокупностью показателей:

- селективностью и точностью определения;
- воспроизводимостью получаемых результатов;
- чувствительностью определения;
- пределами обнаружения элемента (вещества);
- экспрессностью анализа.

Основным требованием к выбранному методу является его применимость в широком интервале концентраций элементов (веществ), включающих как следовые количества, в незагрязнённых объектах фоновых районов, так и высокие значения концентраций в районах технического воздействия.

**Химические методы** являются классическими методами экологического мониторинга. Основным недостатком методов – невысокий предел обнаружения  $10^{-3}$  %. Однако погрешность у химических методов ниже, чем у физико-химических.

Среди химических методов выделяют следующие:

– *гравиметрический* – метод количественного анализа, основанный на точном измерении массы определяемого вещества или его составных час-

тей, выделенных в виде соединений точно известного постоянного состава. Метод гравиметрического анализа разделяют на три группы: 1) метод выделения (определяемую составную часть выделяют в свободном состоянии и взвешивают); 2) метод осаждения (выделяемую часть осаждают в виде малорастворимого соединения определенного состава добавлением к раствору определенного реагента, осадок промывают, высушивают и взвешивают); 3) метод отгонки (определяемую составную часть превращают в летучее соединение и отгоняют при нагревании);

– *титриметрический* метод заключается в измерении стандартного раствора реагента (титранта), израсходованного на реакцию с анализируемым веществом. Определение проводят способом титрования – приливания титранта небольшими порциями к анализируемой пробе. Титрование прекращается в тот момент, когда анализируемая проба и титрант взаимодействуют в точке эквивалентности. Ее определяют с помощью индикаторов, которые в точке эквивалентности меняют окраску или по изменению физико-химических характеристик титруемого раствора.

**Физико-химические** методы анализа объектов окружающей среды чаще всего применяются в мониторинге. Методы основаны на проведении аналитических реакций, конец которых определяется с помощью приборов, поэтому данные методы называют *инструментальными*. По сравнению с химическими, данные методы имеют ряд преимуществ: позволяют определять малое содержание компонентов в анализируемых объектах (предел обнаружения составляет  $10^{-5}$ – $10^{-10}$  %), позволяют проводить анализ достаточно быстро, сам процесс анализа автоматизирован.

– *спектральные* методы – физический метод качественного и количественного определения состава вещества по его спектрам. Различают атомный и молекулярный спектральный анализ, эмиссионный (по спектрам испускания) и абсорбционный (по спектрам поглощения). В качественном спектральном анализе полученный спектр интерпретируют с помощью таблиц и атласов спектров элементов и индивидуальных соединений; в количественном спектральном анализе определяют содержание исследуемого вещества по относительной или абсолютной интенсивности линий или полос в спектрах. Применяется в промышленности, сельском хозяйстве, геологии и др.

– *электрохимические* методы анализа основаны на существовании зависимости между составом вещества и его электрохимическими свойствами. Электрохимические методы делятся на группы (рис. 6). Наиболее часто используются кондуктометрический, потенциометрический, электрогравиметрический, кулонометрический и полярографический методы.



Рис. 6. Классификация электрохимических методов анализа объектов окружающей среды [12]

– *хроматографические* методы на сегодняшний день являются одними из самых распространенных методов анализа проб воздуха и воды. Данные методы позволяют анализировать сложные смеси компонентов путем их разделения. Выделяют газовую, жидкостную, газовой-жидкостную хроматографию.

Хроматография – это метод разделения и анализа газовой или жидкой смеси (например, пробы загрязненного воздуха или воды), основанный на распределении разных компонентов смеси при пропускании ее через твердый сорбент. При данном методе анализ проводится на специальном приборе – хроматографе, в который помещается пробирка с исследуемой пробой. На выходе из хроматографа получается хроматографическая кривая, высота и площадь пиков на которой отображают концентрацию различных загрязняющих веществ.

***Физические методы:***

– *магнитная резонансная спектроскопия* связана с наблюдением взаимодействия между осциллирующим магнитным полем и веществом. Такое взаимодействие приводит к переходу между энергетическими уровнями магнитных диполей, а вырожденность этих уровней обычно снимается путем наложения внешнего стационарного магнитного поля.

– *масс-спектрометрия* заключается в переводе молекул образца в ионизированную форму с последующим разделением регистрацией образующихся при этом положительных или отрицательных ионов. Идея метода проста и заключается в проведении следующих действий: превращение нейтральных частиц – атомов или молекул – в частицы заряженные – ионы; разделении образовавшихся ионов в пространстве в соответствии с их массой посредством электрического или магнитного поля; измеряя электрический ток, образуемый направленно движущимися ионами, получают данные об изотопном, атомарном и молекулярном составе анализируемого вещества, как на качественном, так и на количественном уровне.

– *рентгеноспектральный анализ* основан на использовании зависимости частоты излучения линий характеристического спектра элемента от их атомного номера и связи между интенсивностью этих линий и числом атомов, принимающих участие в излучении. Рентгеновское возбуждение атомов вещества может возникать в результате бомбардировки образца электронами больших энергий или при его облучении рентгеновскими лучами. Первый процесс называется прямым возбуждением, последний – вторичным или флуоресцентным. В обоих случаях энергия электрона или кванта первичной рентгеновской радиации, бомбардирующей излучающий атом, должна быть больше энергии, необходимой для вырывания электрона из определенной внутренней оболочки атома. Электронная бомбарди-

ровка исследуемого вещества приводит к появлению не только характеристического спектра элемента, но и, как правило, достаточно интенсивного непрерывного излучения. Флуоресцентное излучение содержит только линейчатый спектр.

## 2.2. Неконтактные (дистанционные) методы

Неконтактные или дистанционные методы мониторинга среды обитания основаны на использовании зондирующих полей для изучения объекта мониторинга. В качестве таких полей могут выступать радиоволны различных диапазонов, электромагнитное излучение, акустическое или гравитационное поле. Основное преимущество зондирующих полей перед контактными методами исследования заключается в том, что эти поля позволяют изучать наблюдаемый объект независимо от расстояния, на которое он удален. Поэтому применение зондирующих полей сделало возможным ведение мониторинга за такими труднодоступными для непосредственного контакта объектами, как озоновый слой, ионосфера, Солнце и т.п. Дистанционный мониторинг осуществляется на относительно больших расстояниях от объекта наблюдения с помощью съемочной аппаратуры, которая может быть установлена на искусственных спутниках земли, самолётах, вертолётах, автомобилях, судах и других носителях.

Неконтактный контроль исследуемого объекта может выполняться двумя способами: пассивным и активным.

При пассивном контроле осуществляется прием зондирующего поля, исходящего от самого объекта (например, при мониторинге Солнца испускаемое им излучение фиксируется на специальные фотопленки).

В случае активного контроля зондирующее поле создается неким посторонним источником и направляется на мониторируемый объект. Далее производится прием поля, отраженного или переизлученного объектом. Разновидностью активного контроля является рефлексный контроль, когда одновременно выполняется и передача, и прием зондирующего поля.

Физической основой дистанционного метода служит электромагнитное излучение. Выделяют диапазоны рентгеновских излучений, ультрафиолетовых, видимых, инфракрасных и радиоволн (рис. 7).



Рис. 7. Диапазоны длин электромагнитных волн, мкм

При данном методе используется отражательная способность волн. Электромагнитные волны, отражаясь от поверхности объекта, несут различную информацию о них, которая фиксируется на материалах съемки. Материалы съемок могут быть представлены фотографическими, телевизионными, сканерными, радиолокационными и другими изображениями [13, 14].

Фотографические изображения – это уменьшенные, наглядные образные копии объектов и явлений, получаемые посредством покадровой регистрации их собственного или отраженного излучения на светочувствительных материалах. Их получают разными способами. При аэрофотосъемке – с помощью специальных аэрофотоаппаратов, установленных на самолетах, вертолетах, воздушных шарах. Из космоса съемки ведут с применением более сложных фотографических систем, оснащенных, как правило, несколькими объективами, дающими изображения одновременно в разных зонах спектра электромагнитного излучения. При подводных съемках дна океанов и морей фотокамеры опускают на глубину в особых водонепроницаемых боксах или буксируют по грунту на специальных «санях». Для наземной фотосъемки используются фототеодолиты – приборы, с помощью которых выполняются высокоточное стереоскопическое фотографирование местности (рис. 8) [13].

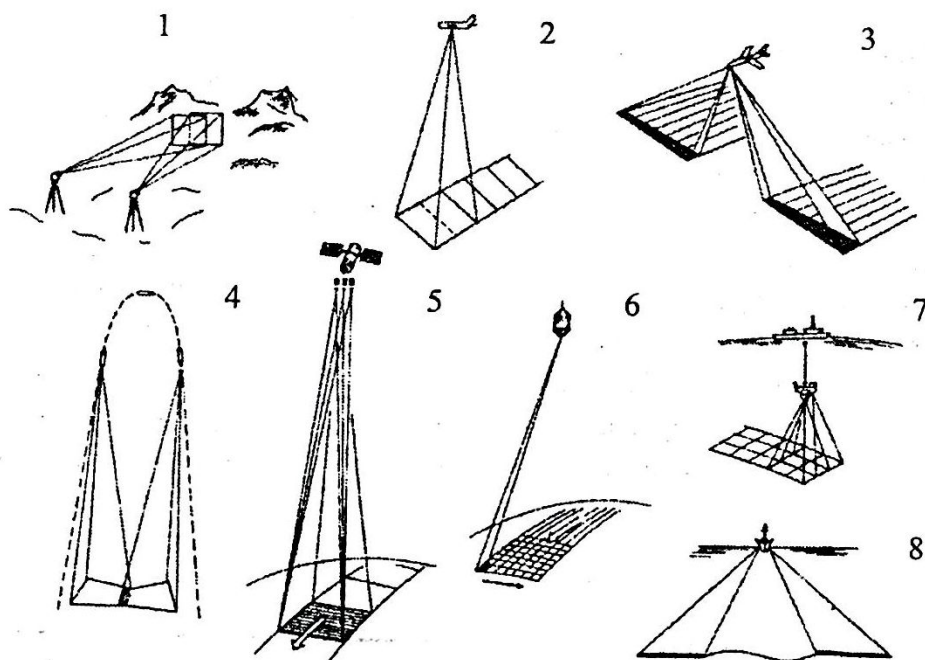


Рис. 8. Способы дистанционного получения геоизображений:

- 1 – наземная фототеодолитная съемка; 2 – аэрофотосъемка; 3 – радиолокационная аэросъемка бокового обзора; 4 – съемка с ракеты; 5 – видиконовая космическая съемка; 6 – сканерная космическая съемка; 7 – подводная фотосъемка; 8 – подводная радиолокация бокового обзора



Фотоснимки выполняют с использованием видимой, ближней инфракрасной, инфракрасной и ультрафиолетовой части спектра электромагнитных волн. При этом они могут быть черно-белыми, цветными, черно-белыми спектральнозональными, цветными спектральнозональными, т.е. выполненными в нескольких зонах спектра и даже – для лучшей различимости некоторых объектов – ложноцветными (выполненными в условных цветах).

Телевизионные изображения – телеснимки, телефильмы, телепанорамы и др. – это наглядные образные копии реальных объектов и явлений, получаемые путем регистрации изображения на светочувствительных экранах передающих телевизионных камер (видиконов). В интервалах между экспозициями изображение считывается электронным лучом, преобразуется в видеосигнал и по радиоканалам передается на приемную аппаратуру. Здесь видеосигнал вновь становится изображением, хотя возможен и другой вариант – запись поступающего сигнала на магнитную ленту видеомэгнитофона или на другой носитель информации.

Телевизионная съемка обычно ведется с борта самолета или спутника, причем захватывается довольно значительная полоса местности – от 1 до 2-х тысяч километров в ширину в зависимости от высоты полета и фокусного расстояния объектива. Выскоорбитальные спутники позволяют получать изображение всей планеты в целом. Телевизионные снимки, которые передаются с метеорологических спутников, отражают крупные атмосферные образования, основные структуры Земли. Они содержат мало подробностей и по своему разрешению сильно уступают фотоснимкам. Геометрические искажения телевизионных снимков довольно значительны, они зависят, прежде всего, от наклона оси съемочной камеры относительно земной поверхности.

Телевизионную съемку можно вести в нескольких зонах видимого и ближнего инфракрасного диапазонов с помощью съемочных камер, снабженных несколькими (обычно тремя) видиконами. По сравнению с фотографической, телевизионная съемка более оперативна и поэтому удобна для непрерывного слежения за объектами и процессами.

Сканерные изображения – снимки, полосы, «сцены» – уменьшенные наглядные образные копии реальных объектов, получаемые путем поэлементной и построчной регистрации их собственного или отраженного излучения. Само слово «сканирование» означает управляемое перемещение луча или пучка (светового, лазерного и др.) с целью последовательного обзора какого-либо участка.

В ходе сканерной съемки с самолета или спутника сканирующее устройство (плоское качающееся зеркало или зеркальная призма) последовательно, полоса за полосой просматривает местность поперек направления движения носителя. При этом отраженный сигнал поступает на точечный фотоприемник, и в результате получаются снимки с полосчатой или строчной структурой, причем каждая строка состоит из маленьких элементов – пикселей. Каждый такой пиксел отражает суммарную осредненную яркость небольшого участка местности (несколько десятков или сотен квадратных метров), и детали в нем неразличимы.

Съемка ведется постоянно в процессе полета, и поэтому местность сканируется в виде широкой непрерывной ленты или полосы. Отдельные участки этой полосы называют «сценами».

Геометрические свойства сканерных изображений зависят от высоты съемки, угла обзора сканера и мгновенного (элементарного) угла фиксации. Именно эти параметры и определяют ширину снимаемой полосы, величину разрешения на местности и размер пиксела на снимке.

Сканирование – наиболее распространенный в настоящее время вид дистанционного зондирования, чаще всего применяемый при съемках из космоса. Но сканерные изображения получают и при аэросъемке, и при подводной съемке, например, с помощью сканирующих эхолотов, последовательно ощупывающих морское дно.

К сканерным близки локационные изображения – радиолокационные, выполняемые со спутников и самолетов, и гидролокационные, которые получают при подводной съемке дна озер, морей и океанов. Радиолокационная съемка ведется в активном режиме, т.е. с помощью искусственного излучения, обычно с помощью локаторов бокового обзора, устанавливаемых на движущемся носителе по правому и левому бортам.

Съемка в радиодиапазоне обладает немалыми преимуществами: облачность, туман, ночная темнота для нее не помехи. Эта съемка ведется при любой погоде и в любое время суток, причем благодаря боковому обзору на снимках прекрасно проявляется рельеф территории, отчетливо видны детали его расчленения. При съемке океанов хорошо читаются неровности и волнение водной поверхности. Радиолокация дала возможность проникнуть сквозь мощный облачный слой Венеры и впервые подробно рассмотреть рельеф этой планеты [13, 15].

Существуют и другие виды съемок: с помощью лазерных локаторов – лидаров, фототелевизионные и др.

Если в дистанционном мониторинге первая задача получение высококачественных материалов съемки, вторая – это дешифрирование сним-

ков. Дешифрирование это процесс обнаружения, распознавания, интерпретации изображений, интересующих объектов и явлений, т.е. это извлечение необходимой информации из материалов съемки.

Каждый объект или явление имеет свои дешифровочные признаки, зная которые дешифровщик может получить интересующую информацию. Дешифровочными признаками могут быть форма, размер, фототон, цвет, структура, тень, которые являются признаками объекта и несут информацию о самом объекте. Такие признаки называются прямыми. Многие объекты или явления не находят прямого отображения на снимках. Дешифрирование таких объектов и явлений проводится косвенно, т.е. через прямые признаки других объектов, которые указывают на наличие или свойства первых, а вторые в этом случае будут называться индикаторами. Например, облачность может указывать на наличие течения в океане, а также холодное или теплое оно. Часто растительность служит индикатором при дешифрировании почвенного покрова, его химического состава, увлажненности. Также в качестве индикатора растительность используют при изучении геолого-геоморфологического строения земли, экологической оценке территорий и др.

Дистанционный съемка по типу носителя подразделяется на наземную, подводную, аэро- и космическую. В настоящее время широко используются последние два вида, которые часто объединяют в один – аэрокосмическая съемка.

Дистанционный мониторинг является наиболее перспективным и быстро развивающимся видом, так как он позволяет осуществлять непрерывное слежение за объектами, принимать оперативно данные о них, что позволяет быстро принимать меры по предупреждению и предотвращению неблагоприятных ситуаций. Съемочная аппаратура, материалы регистрации изображения, а также носители съемочной аппаратуры постоянно совершенствуются, также совершенствуется и автоматизируется процесс дешифрирования.

Это пока единственный вид мониторинга, который позволяет осуществлять мониторинг не только Земли, но и остальных планет солнечной системы, галактик и других космических тел.

### 2.2.1. Аэрокосмический мониторинг

Система аэрокосмического мониторинга, как и вся мониторинговая система, решает следующие задачи:

- наблюдение за факторами, воздействующими на природную среду;
- оценка влияния их на природную среду;

– прогноз состояния природной среды [14].

В зависимости от решаемых задач аэрокосмический мониторинг подразделяют на три вида: дозорный (или сигнальный), целевой и комплексный.

Дозорный (сигнальный) – оповещающий о необходимости организации детальных наблюдений за каким-либо объектом или районом. Он устанавливает факт появления или исчезновения объекта, а также изменений контролируемых характеристик. Информация в этом случае служит сигналом для организации более детальных исследований.

Целевой мониторинг – наблюдение за конкретным объектом, характер которого определяет вид, масштаб снимков, сроки их получения, способы обработки и форму предоставления материалов.

Комплексный (картографо-аэрокосмический) мониторинг имеет самостоятельное значение. Для него характерны дистанционное наблюдение комплекса взаимосвязанных объектов и преимущественно картографическая форма предоставления результатов наблюдений.

Преимущество космического мониторинга перед другими методами заключается в возможности достаточно частой повторности (и даже непрерывности) наблюдений во времени, получении на одном изображении обширных и отдаленных территорий, возможности пространственно-временного анализа одновременно нескольких компонентов природы в их взаимосвязи. По масштабу и детальности полученной информации космические изображения делятся на глобальные, региональные и локальные (табл. 4).

Таблица 4

#### Характеристика космических изображений

Размерность изображений	Масштаб изображений	Пространственное разрешение, м	Высота съемки, км	Иерархический уровень природных систем
Глобальные	мельче 1 : 1 000 000	более 1000	более 10 000	Ландшафтные страны, зоны, мегаэкосистемы
Региональные	1 : 1 000 000– 1 : 200 000	100–1000	300– 1000	Ландшафтные области, районы, макроэкосистемы
Локальные	крупнее 1 : 200 000	менее 100	ме- нее300	Местности, урочища, мезоэкосистемы, микроэкосистемы (биогеоценозы)

Особенно велика роль космических методов при глобальных исследованиях. Только съемки с космоса могут обеспечить непрерывное слежение за антропогенными нарушениями природы в масштабе всей биосферы в целом [15, 16]. Аэрокосмический мониторинг позволяет оперативно выявлять очаги и характер нарушения природных объектов; определять и картографировать степень, скорость и пространственные масштабы нарушения или преобразования природной среды; оценивать современное состояние природных комплексов и составлять прогноз негативного влияния хозяйственной деятельности человека.

Для получения динамической информации о состоянии природной среды необходимо сопоставление повторных аэрокосмических изображений одной и той же территории через определенные промежутки времени. Оно производится как визуально, так и инструментально. Автоматическое сопоставление выполняется методом анализа различий с последующей их интерпретацией или методом машинной классификации с последующим сравнением полученных результатов.

В настоящее время в аэрокосмическом мониторинге различают шесть основных видов съемок: фотографическая одно- и многозональная, телевизионная (в видимой и инфракрасной областях спектра), а также спектрометрическая, инфракрасная, микроволновая и радарная индикация.

Фотографирование осуществляется во всей видимой части спектра (длина волн 0,4–0,8 мкм) и в ближней инфракрасной (0,8–1,1 мкм). Получаемые снимки обладают большой информативностью и высокой разрешающей способностью (до 10–20 м). Для мониторинга используются как черно-белые снимки, так и цветные фотографии, которые передают изображение в естественных цветах. Еще большей достоверностью распознавания объектов обладают многозональные фотографии, т.е. изображения, полученные в результате синхронного фотографирования одного и того же участка в разных и достаточно узких спектральных интервалах. Они особенно эффективны при изучении загрязнения вод, заболачивания и засоления почв, состояния растительности.

Телевизионная съемка имеет ряд преимуществ перед обычным фотографированием, хотя качество изображений уступает фотоснимкам. Она не требует возвращения пленки на Землю и дает сигнал в форме, удобной для запоминания, хранения и автоматической обработки. Телевизионная съемка наиболее перспективна для регистрации быстро меняющихся природных и природно-антропогенных явлений (пыльных бурь, пожаров, наводнений и т.п.).

Спектрометрическая индикация основана на определении характеристик спектральной отражательной способности природных и антропогенных образований (коэффициента спектральной яркости, альбедо и др.). Ее достоинство состоит в возможности получения оптических характеристик в узких зонах спектра и осуществления автоматической обработки и анализа данных на ЭВМ. Успешно применяется многоспектральная съемка – зондирование в узких спектральных интервалах с помощью фотоэлектронных умножителей, сканеров и других современных приборов. Она особенно перспективна при выявлении атмосферных загрязнений, состояния сельскохозяйственных посевов, нарушения естественных фитоценозов.

Инфракрасная индикация базируется на регистрации длинноволнового отражения солнечного света (0,7–2,5 мкм) и собственного теплового излучения Земли (3 мкм и более). Она фиксирует различия так называемых радиационных температур объектов наблюдения с точностью до 0,5–1,0 °С. анализируя эти данные можно установить степень увлажнения почв, определить нарушения растительности экосистем (в частности, деградацию пастбищ), выявить очаги подтопления и получить другую информацию.

Микроволновая индикация (регистрация пассивного радиотеплового излучения Земли в диапазоне 0,3–30 см) и радарная индикация (активная локация объектов с летательных аппаратов) – это новые направления мониторинговых наблюдений. Их использование перспективно ввиду почти полной независимости от погодных условий и возможности проникновения радиоволн в почвогрунты на глубину нескольких метров. Радарная индикация позволяет четко регистрировать геометрию отражательной поверхности, что дает возможность определить границы полей и лесов, площади и даже виды посевов и угодий (луга, пашни, болота).

Следует иметь в виду, что каждый из рассмотренных методов индикации обладает определенными достоинствами лишь в сравнительно узких диапазонах спектра и при наличии необходимых технических условий. Поэтому только совместное использование разномасштабных, разновременных и разноспектральных съемок в сочетании с наземными наблюдениями создает возможность для получения достаточно полной и достоверной информации о состоянии окружающей природной среды.

На снимках видны многие виды воздействия человека на природу – это карьеры, горные выработки, распаханность земель, нарушение лесной растительности, искусственные водоемы, гидротехнические сооружения и др. Все это дает возможность для широкого использования снимков в экологическом мониторинге природной среды, в том числе для контроля по-

следствий антропогенного воздействия, выполнением природоохранных мероприятий. Снимки позволяют выявить степень хозяйственной освоенности территорий, принимать меры по охране природы и решать задачи экологического мониторинга. Для этого используются практически данные всех видов съемки.

Например, в инфракрасной зоне хорошо просматриваются участки загрязнения водоемов сточными водами. По тоновым контрастам, которые отображают температурные контрасты, четко выделяются источники загрязнения. При этом нагретые сточные воды выделяются светлым тоном и можно проследить площадь их распространения. Инфракрасные изображения позволяют регистрировать пятна нефти на поверхности морей и определять площадь их распространения. По тону изображения можно судить о концентрации и качественном составе загрязняющих веществ.

На космических снимках хорошо прослеживаются атмосферные загрязнения разных типов – города, отдельные промышленные предприятия, пожары, т.е. снимки позволяют распознать выбросы промышленных предприятий, концентрации дымовых факелов, пылевые бури и т.д.

Так, с помощью космической съемки впервые обнаружены явления слияния промышленных выбросов в атмосферу от нескольких крупных городов. Например, в августе 1970 г. в Западной Европе образовалось огромное дымовое облако (шириной не менее 200 км), которое в виде полосы протягивалось от Южной Англии, через Северную Францию, Бельгию, Голландию, Германию на расстоянии свыше 700 км [13].

Наблюдения из космоса позволяют осуществить контроль лесного фонда. На инфракрасных снимках удается выявить зоны возгорания при сплошной задымленности, определить зоны затухания и осуществлять контроль распространения пожара. Инфракрасная съемка позволяет распознавать не только очаги пожара, но и наличие облаков, необходимых для борьбы с пожарами, так как борьбу с пожарами можно вести и с помощью искусственно вызванного дождя. Пожары могут возникнуть из-за деятельности человека, а также грозами. Спутниковая аппаратура помогает заранее предсказывать вероятность появления лесного пожара по анализу перемещения гроз над землей.

С помощью инфракрасной съемки можно с большой точностью определить время начала извержения вулкана, так как в период активизации вулкана температура быстро возрастает. По этой же аналогии, инфракрасная съемка позволяет выявить очаги самовозгорания в горнорудных районах на отвалах горных пород.

Загрязнение почв минеральными удобрениями, ядохимикатами, промышленными выбросами и т.д. и т.п., приводит к изменению отражательной способности почв, то есть меняются дешифровочные признаки почв. По прямым дешифровочным признакам можно определить площадь, форму, источник загрязнения и т.д., т.е. то, что хорошо отобразилось на снимке по изменению тона и структуры почвы.

Если же загрязнение не нашло прямого отражения на снимке, то оно может быть определено косвенным путем, то есть по нарушению растительного покрова. Отрицательное воздействие на почву проявляется в изменении растительности. Например, уменьшение размеров ареала растительности, замедленном развитии, смене растительных сообществ.

### 2.2.2. Картографический мониторинг

Человек издавна применяет картографические изображения для решения своих народно-хозяйственных задач. С научной точки зрения, картографический метод исследования предусматривает следующие виды анализа:

- визуальный анализ, в процессе, которого исследователь получает общее представление об объектах или явлениях, закономерностях их размещения, о пространственных взаимосвязях с другими объектами или явлениями, об их особенностях и динамике;

- картометрический анализ заключается в измерении и исчислении по картам количественных характеристик явлений (длина, ширина, площадь, расстояния, объем, координаты, положение в рельефе и т.д.);

- графический анализ заключается в исследовании явлений при помощи графических построений, выполненных по картам. Такими построениями могут быть профили, разрезы, блок-диаграммы, розы направлений и др.;

- при математико-статистическом анализе рассматриваются однородные множества случайных величин, изменяющихся в пространстве. Их значения определяются по картам и составляют статистические совокупности. Они могут быть представлены различными параметрами окружающей среды. Например, температурой, концентрацией газов, площадью распространения и др. По ним в процессе обработки вычисляются значение средней арифметической, мода, медиана, коэффициент корреляции и др.;

- математическое моделирование по данным взятых с карт предусматривает создание пространственных моделей явлений или процессов с помощью различных компьютерных программ и составление геоизображений в электронном виде. Известно, что большинство явлений и процес-



сов в природе связаны между собой функциональными зависимостями и могут рассматриваться как функции пространства и времени, что позволяет при моделировании «проигрывать» различные экологические ситуации и составлять прогнозы [17].

В настоящее время картографический метод исследования широко применяется в системе мониторинга и занимает важное место, поскольку эффективность использования данных, полученных в результате наблюдений, существенно возрастает, если они представлены в виде карт. С помощью карт можно осуществлять контроль, оценивать и прогнозировать состояние окружающей среды.

Например, на рис.9 по картосхеме хорошо прослеживается характер распределения радиоактивного загрязнения [18], на рис.10–12 представлена динамика уменьшения лесных массивов на территории Республики Татарстан [19].

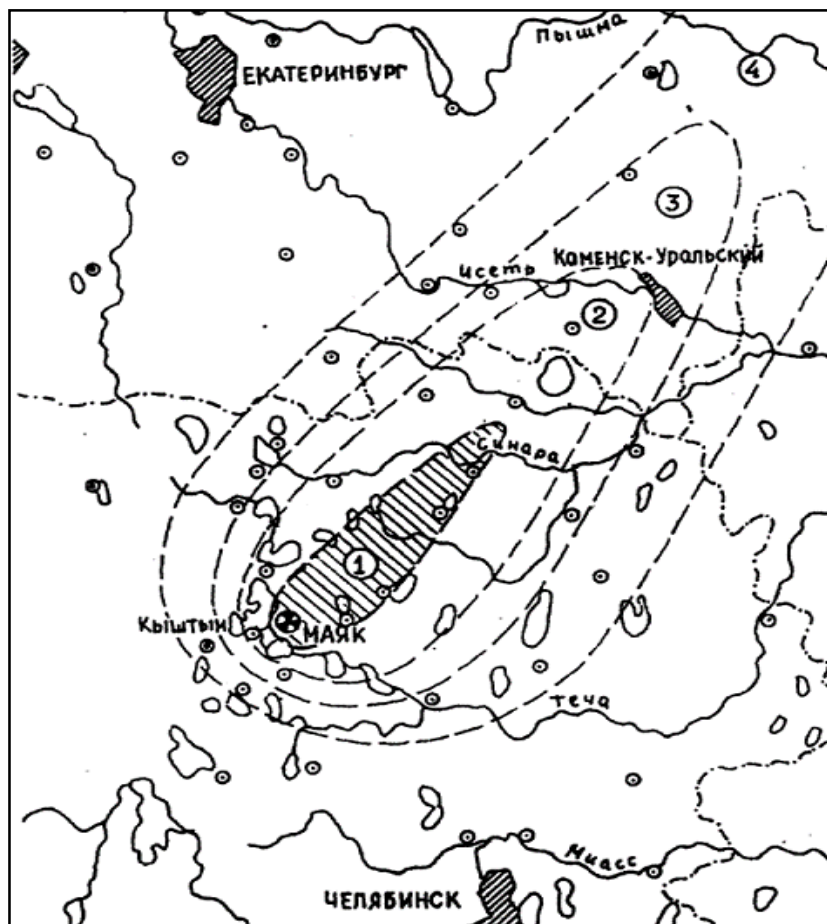


Рис. 9. Карта-схема «уральского радиоактивного следа», связанного с аварией на ПО «Маяк» в 1957 г. [18]. Зоны загрязнения по стронцию-90 через год после аварии: 1 – с активностью более  $50 \text{ Ки/км}^2$ ; 2 – более  $5 \text{ Ки/км}^2$ ; 3 – более  $0,1 \text{ Ки/км}^2$ ; 4 –  $0,02 \text{ Ки/км}^2$

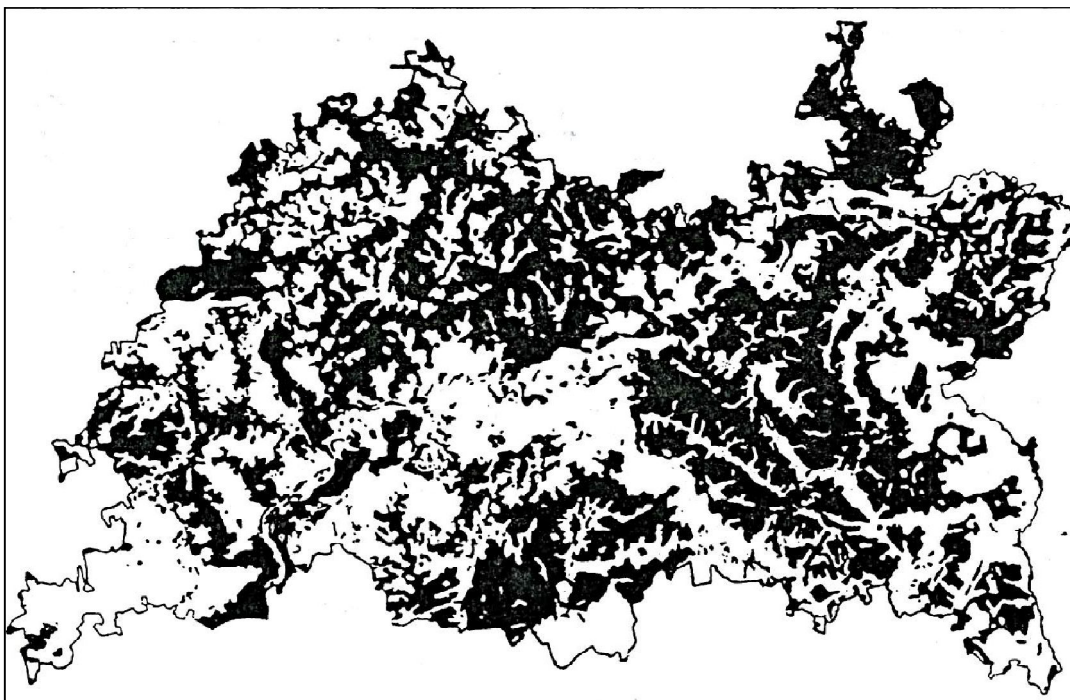


Рис. 10. Карта лесов Татарстана (1800 г.).  
Темной заливкой показаны лесные массивы [19]

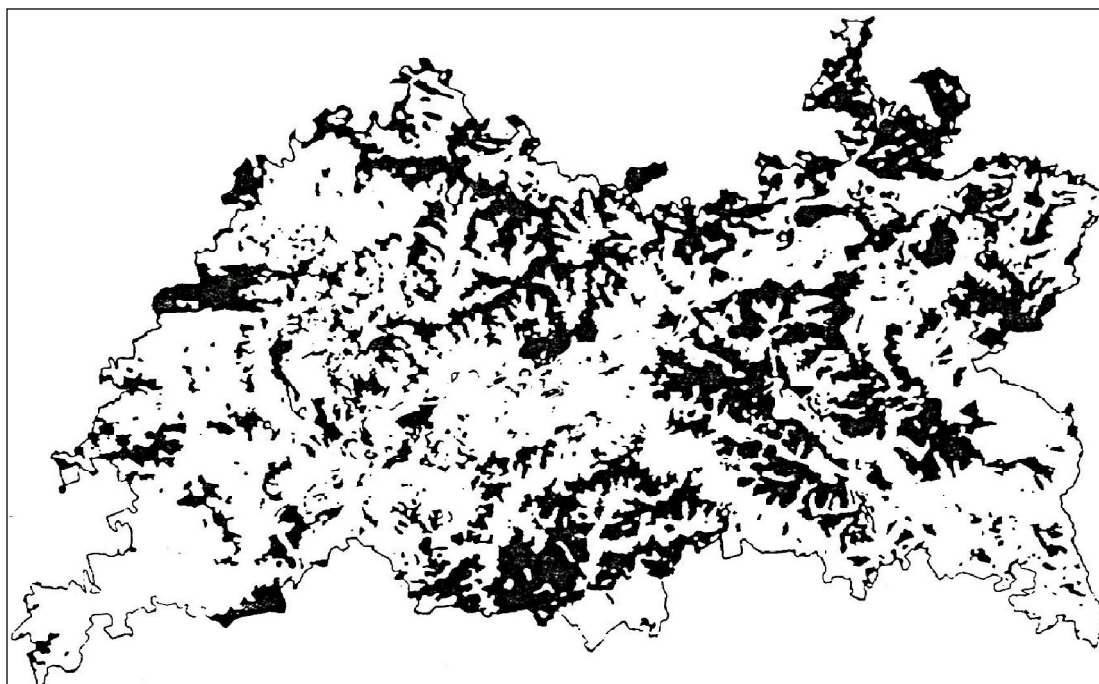


Рис. 11. Карта лесов Татарстана (1870 г.) [19]

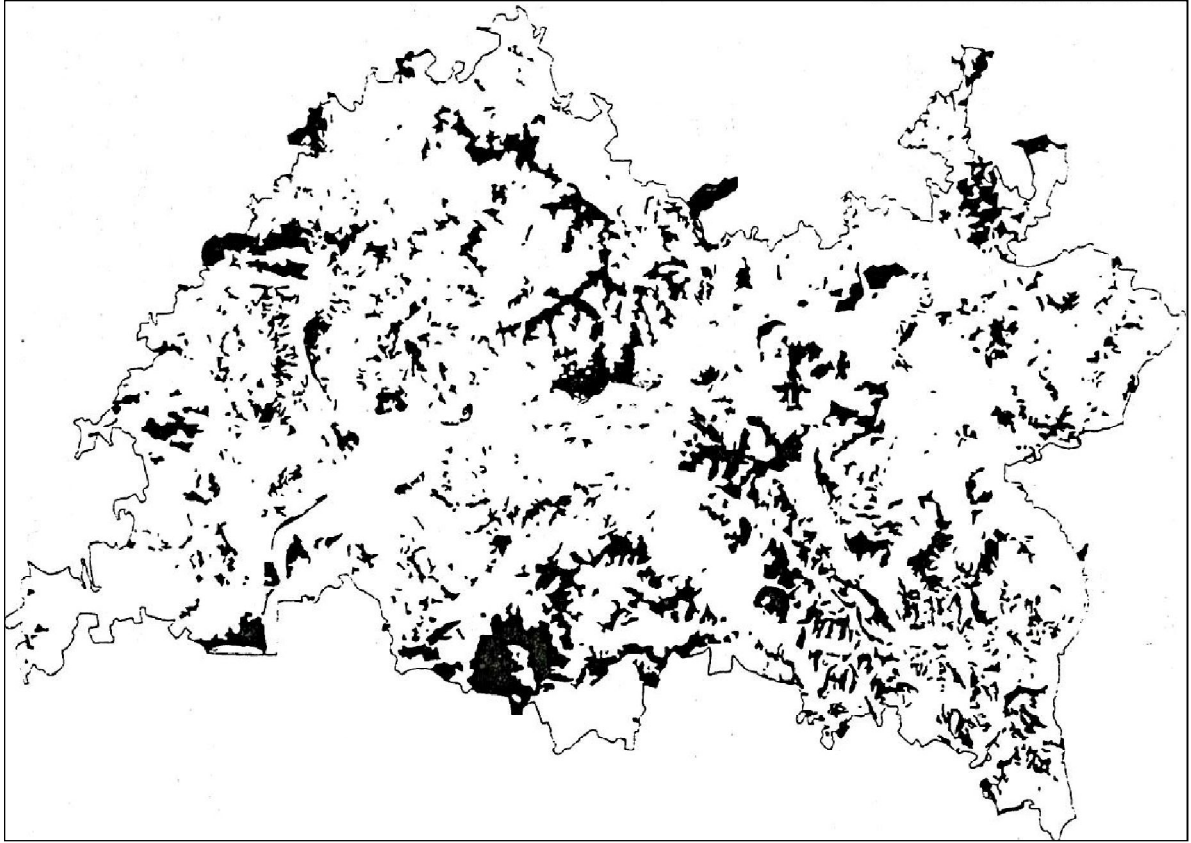


Рис. 12. Карта лесов Татарстана (1994 г.)

Реализация картографического мониторинга состоит из следующих этапов:

а) создание фонда картографической информации, содержащего различные карты, составленные на основе имеющихся к началу наблюдений материалов;

б) сбор, обработка и систематизация данных аэрокосмических и наземных наблюдений с целью их картографирования;

в) перевод обработанных данных в картографическую форму, т.е. построение карт развития наблюдаемых явлений, условий их распространения и происходящих при этом изменений;

г) анализ построенных карт с целью выявления закономерностей распространения наблюдаемых явлений, оценки и прогноза состояния окружающей среды [16].

Особую ценность представляют оперативные карты опасных явлений, составленные в крупном масштабе (1: 100 000–1: 1000 000). Они создаются по отпечаткам аэрокосмических снимков и отражают внешние условия, а также закономерности распространения и развития наблюдаемых процессов. Так, например, картографическое обеспечение мониторинга лесных пожаров предусматривает создание карт, на которых указываются:

очаги скрытых и явных пожаров, районы развития грозовой деятельности, распределение направления и скоростей ветра, участки формирования торфяно-болотных ландшафтов и показатели влажности надпочвенного и почвенного покровов и т.п. Другими словами, на этих картах показывают факторы пожарной опасности, выявляют пожароопасные территории, определяют возможные ареалы и вероятную интенсивность возгорания лесных насаждений.

Оперативные мониторинговые карты – основа для оповещения заинтересованных организаций, для планирования и проведения природоохранных мероприятий. Эти карты вместе с результатами анализа должны не только вовремя направляться потребителям, но и одновременно пополнять (на основе обратной связи) фонд базовой картографической информации.

В ряде конкретных случаев картографический мониторинг может принимать более простые формы. Так, например, для выявления основных источников, которые загрязняют атмосферный воздух городов достаточно иметь геохимические карты, составленные по результатам изучения снегового покрова. Сравнение подобных карт с данными почвенно-геохимических исследований позволяет определить происхождение геохимических аномалий и на этой основе выявить наиболее опасные источники загрязнения.

### **2.3. Моделирование как метод получения мониторинговой информации**

Пока антропогенные изменения природы носили в основном локальный характер их оценка и прогноз могли быть получены на базе непосредственных наблюдений. Однако по мере проявления антропогенных изменений природной среды в региональном и глобальном масштабе проведение локальных (фрагментарных) наблюдений становится недостаточно для детального выявления эффекта техногенеза. В то же время экспериментировать с биосферой, меняя тем или иным образом условия ее функционирования, на региональном и тем более на глобальном уровне человек не может, так как это представляет большой риск для цивилизации. Поэтому наиболее перспективным путем решения проблем охраны природы и поиска путей преодоления негативных тенденций является математическое моделирование процессов, протекающих в биосфере.

Существует множество математических моделей. В экологии часто используются следующие группы моделей: дескриптивные, оптимизационные, имитационные [20].

Дескриптивные модели предназначены для описания различных процессов. Например, такие модели позволяют определить численность популяции животных через определенное время, или дают возможность предсказать, как при том или ином мероприятии будет меняться ход эпидемии, то есть, как будет меняться число заболевших и т.д.

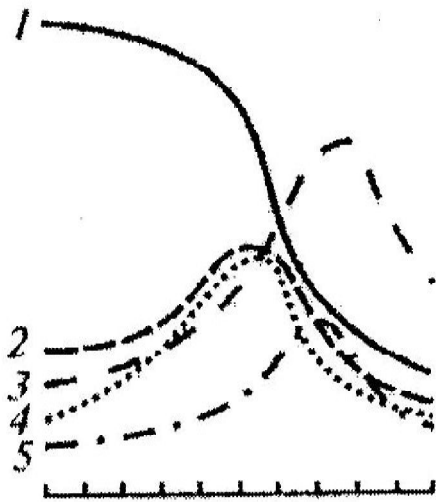
В случае управления процессом, то есть для принятия тех или иных решений, дескриптивных моделей оказывается недостаточно. В этом случае используются оптимизационные модели, поскольку они позволяют не только описывать происходящие процессы, а также управлять процессом. Часто оптимизационное моделирование применяется при разработке эколого-экономических моделей, поскольку они позволяют выбрать оптимальную политику хозяйствования. Например, размещение предприятий при отраслевом или территориальном планировании с учетом их сырьевых возможностей, укрупнении предприятий, управлении запасами, рациональном природопользовании и др.

Имитационные модели предназначаются для «проигрывания» возможных вариантов поведения (смены состояний) природных систем под влиянием изменения внешних факторов. Они позволяют логически увязать эмпирические знания о различных процессах, протекающих в природных системах, и на основе математического моделирования получать непротиворечивые количественные данные об их изменениях во времени и пространстве. Имитационные модели используются: а) как средство изучения систем, выявления и анализа закономерностей их функционирования; б) для получения количественной оценки происшедших изменений природных объектов; в) как средство прогнозирования поведения систем под влиянием предполагаемых внешних факторов.

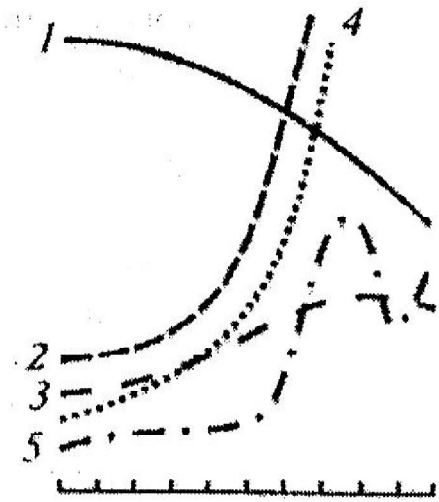
Первая попытка математического моделирования глобальных экологических процессов была предпринята в 1971 г. американским исследователем Дж. Форрестером. Его модель содержала два экологических параметра: загрязненность среды и численность населения. Последующие модели были значительно детализированы и учитывали региональные различия, ограничения в использовании природных ресурсов, пределы роста населения и другие факторы (рис. 13) [18].

Спектр применения математических моделей в экологии весьма широк – от исследования циркуляции загрязняющих веществ в геофизических природных средах до изучения накопления загрязнителей в экосистемах. Эти разработки, несмотря на определенную схематичность и недостаточный учет пространственной дифференциации природной среды, могут быть использованы для получения оценочной и прогнозной информации в

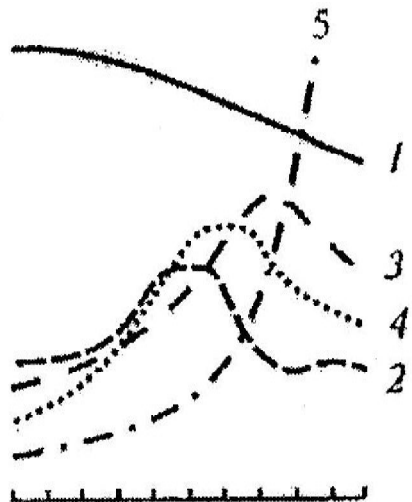
целях мониторинга. В настоящее время разработана серия моделей глобальных процессов:



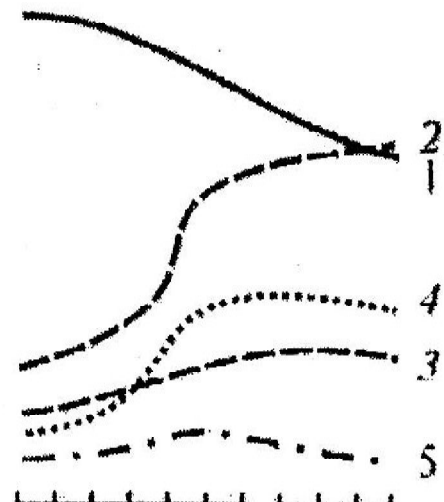
При условии продолжения активного истощения природных ресурсов



При условии неограниченности ресурсов



При условии ограничения роста населения и техногенеза



При условии стабильного состояния

Рис. 13. Прогнозное моделирование развития современной цивилизации (с 1900 до 2100 гг.):

1 – ресурсы; 2 – продукты питания на душу населения; 3 – численность населения; 4 – промышленные продукты на душу населения; 5 – загрязнение среды [18]

– модель гидросферы – это модель круговорота воды в биосфере. В ней выделяются четыре зоны циркуляции: экваториальная, субтропическая, умеренных широт и полярная. Учитывается динамика водообмена

между океанами, а также тенденции в использовании водных ресурсов на хозяйственные нужды;

– модели климата. Модели потепления климата (парниковый эффект), и охлаждения климата (за счет аэрозолей и пыли);

– модель биогеоценологических процессов. Центральное место в данной модели занимает продукция растительных организмов (фотосинтез, дыхание, рост и отмирание);

– глобальная модель. Базовыми блоками являются блоки климата и гидросферы, так как через их компоненты осуществляется основная циркуляция вещества и энергии.

В нашей стране известны региональные имитационные модели природно-хозяйственного комплекса бассейна Азовского моря, природно-хозяйственной системы бассейна р. Преголи, серия моделей глобальных процессов в биосфере и другие [16, 20, 21].

#### **2.4. Экологический контроль**

В настоящее время для оценки качества окружающей среды часто употребляют два основных термина: мониторинг и контроль.

Механизмы экологического контроля и мониторинга настолько тесно связаны, что даёт основание порой рассматривать экологический мониторинг подвидом, составной частью экологического контроля. Однако это не так. Экологический контроль и экологический мониторинг являются самостоятельными направлениями. Если экологический контроль можно определить как контроль за охраной окружающей среды, т.е. контроль за деятельностью, то экологический мониторинг – контроль за состоянием окружающей среды.

Помимо институционального понимания, экологический контроль и мониторинг рассматриваются как функции экологического управления. С помощью указанных функций органы государственной власти и местного самоуправления получают сведения о состоянии окружающей среды и могут выявить и пресекать нарушения экологического законодательства, привлекать виновных лиц к юридической ответственности.

Федеральный закон об охране окружающей среды выделяет четыре вида экологического контроля: государственный, муниципальный, общественный, производственный [21].

Государственный экологический контроль осуществляют:

– федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации;

– органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

– Министерство природных ресурсов Российской Федерации (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования) и его территориальные органы;

– органы санитарно-экологического надзора Российской Федерации и органы различных министерств и ведомств.

Главными задачами государственного экологического контроля являются:

– проверка выполнения программ, планов и мероприятий по охране окружающей среды;

– выявление нарушений экологических требований при подготовке, принятии и реализации решений о развитии хозяйственной и иной деятельности;

– проверка выполнения экологопользователями норм (нормативов и правил) экологопользования и качества окружающей среды.

Муниципальный контроль в области охраны окружающей среды на территории муниципального образования осуществляется органами местного самоуправления или уполномоченными на то органами.

Производственный экологический контроль осуществляется экологической службой предприятий, учреждений, организаций в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством.

Контроль за соблюдением правил экологопользования бывает государственный, ведомственный и общественный.

Государственный экологический контроль носит надведомственный характер, осуществляется за всеми объектами хозяйственной и иной деятельности независимо от их организационно-правовой формы и подчинения.

Ведомственный экологический контроль осуществляется министерствами и ведомствами в рамках своей отрасли. Он отличается от государственного контроля, во-первых, более узким кругом задач, определённых общим положением о министерстве и специальными положениями о министерствах; во-вторых, значительной разнородностью контрольных функций, поскольку есть министерства и ведомства, деятельность предприятий которых связана с эксплуатацией природных объектов, а есть и такие, которые в своей деятельности не касаются данной сферы.



Общественный экологический контроль осуществляется общественными и иными некоммерческими объединениями в соответствии с их уставами, а также гражданами в соответствии с законодательством.

В зависимости от стадии контрольной деятельности выделяют предупредительный, текущий, последующий экологический контроль.

Предупредительный экологический контроль заключается в контроле на стадии, предшествующей хозяйственной или иной деятельности. Он осуществляется путём согласования проектной документации, получения разрешения на выбросы и сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов производства и потребления.

Текущий экологический контроль проводят в процессе хозяйственной и иной деятельности.

Последующий экологический контроль осуществляется за результатами, итогами хозяйственной и иной деятельности.

В зависимости от формы экологического контроля выделяют:

– информационный экологический контроль – сбор и анализ экологической информации, необходимой для принятия соответствующих решений в области природопользования и охраны окружающей среды;

– карательный экологический контроль заключается в принятии мер государственного принуждения к юридическим, должностным и физическим лицам, нарушившим экологическое законодательство.

В зависимости от метода, порядка проведения контрольных мероприятий выделяют:

– инспекционный экологический контроль – посещение субъектов хозяйственной и иной деятельности независимо от организационно-правовой формы собственности, ознакомлении с состоянием охраны окружающей среды, обследовании механизмов, изучении технической и нормативной документации;

– аналитический экологический контроль заключается в анализе полученных данных;

– инструментальный (лабораторный) экологический контроль состоит в отборе проб, проведении анализов, сравнении полученных результатов с нормативными показателями.

Надзор за исполнением законодательства Российской Федерации в сфере природопользования и охраны окружающей среды осуществляют Генеральный прокурор Российской Федерации и подчинённые ему прокуроры. Специализированные природоохранные прокуратуры создаются с учётом бассейнового или административного районирования, состояния окружающей среды и природных объектов.

### Контрольные вопросы

1. *Какие методы экологического мониторинга вы знаете?*
2. *Что является физической основой дистанционного метода исследований?*
3. *Как осуществляется аэрокосмический мониторинг?*
4. *В каких диапазонах электромагнитных волн в основном проводится съемка земной поверхности?*
5. *Что такое дешифрирование снимков и как оно проводится?*
6. *Как осуществляется мониторинг с помощью карт?*
7. *Какие методы вы отнесете к наземным методам?*
8. *Что такое индикационный метод исследования?*
9. *Что общего и чем различаются геофизический и геохимический методы мониторинга?*
10. *Что такое моделирование? Какие модели вы знаете?*
11. *Для чего используется моделирование в экологическом мониторинге?*
12. *Приведите примеры моделей используемых в экологии?*
13. *Что такое мониторинг окружающей среды? Какие объекты являются предметом его наблюдения?*
14. *Какие существуют виды мониторинга? По каким признакам они выделяются?*
15. *Перечислите основные принципы организации систем мониторинга?*
16. *Какие выделяются уровни систем мониторинга? Каков принцип их выделения?*
17. *Каково назначение национальной системы мониторинга окружающей среды?*
18. *Какие задачи призван решать глобальный, экологический мониторинг?*
19. *Что такое ЕГСЭМ? Какова структура ЕГСЭМ?*
20. *В чём состоит суть организационных проблем ЕГСЭМ на современном этапе?*
21. *Из каких основных структурных блоков состоит система мониторинга?*
22. *Что такое АИС мониторинга? Каково её назначение?*
23. *Из каких блоков состоит АИС? Каково назначение каждого из них?*
24. *Что составляет математическое обеспечение АИС?*

25. Какие дистанционные методы и с какой целью целесообразно применять в экологическом мониторинге?

26. Биоиндикацию и биотестирование относят к дифференциальным или интегральным методам диагностики?

27. Чем отличается экологический мониторинг от экологического контроля?

### 3. МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СРЕД И ГЕОЭКОСИСТЕМ

#### 3.1. Мониторинг атмосферы

Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнения и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха и его загрязнения.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах интенсивного антропогенного воздействия (в городах, промышленных и агропромышленных центрах и т.д.) и в районах, удаленных от источников загрязнения (фоновые наблюдения). Их основная задача – выявление источников загрязнения, оценка уровня загрязнения и составление прогноза загрязнения атмосферного воздуха.

Для контроля состояния воздуха в населенных пунктах используются три категории постов наблюдений:

– стационарные посты предназначены для регулярного отбора проб воздуха проводимых последовательно по графику в целях последующего лабораторного анализа, а также непрерывной регистрации содержания поллютантов в атмосфере (рис. 14);



Рис. 14. Стационарный пост наблюдения за состоянием атмосферного воздуха

– маршрутные посты осуществляют регулярный отбор проб воздуха в фиксированных точках местности с помощью передвижной лаборатории, обычно установленной на автомашине (рис. 15);

– передвижные (подфакельные) посты служат для отбора разовых проб под дымовыми источниками и газовыми факелами загрязнения атмосферы с целью определения зоны их влияния. Место расположения поста выбирается каждый раз в зависимости от режима ветра на различных расстояниях и направлениях относительно источника загрязнения.



Рис. 15. Передвижная лаборатория экологического контроля

Выбор места, где следует располагать посты наблюдения за загрязнением, является весьма ответственным этапом и осуществляется совместно учреждениями гидрометеорологической и санитарно-эпидемиологической служб.

Независимо от категории посты должны размещаться на открытой и хорошо проветриваемой территории, которая должна иметь не пылящую поверхность в виде асфальта, твердого грунта, газона. Это необходимо для исключения искажения результатов измерений. Для размещения стационарных и маршрутных постов необходимо знать состояние атмосферного воздуха, для чего должны проводиться предварительные исследования. Назначение маршрутных постов – выявление роли разных источников (промышленных, бытовых, автотранспорта) в загрязнении атмосферного воздуха. С учетом таких исследований посты наблюдения размещают в центральной части населенного пункта, жилых районах с разным типом

застройки, зонах отдыха, на территориях, которые примыкают к магистралям с интенсивным движением автотранспорта [22].

Стационарные пункты наблюдений оснащены лабораторными павильонами типа «Пост-1» и «Пост-2», которые оборудованы специальными приборами для отбора проб воздуха, автоматической регистрации концентрации некоторых газов (оксида углерода и диоксида серы) и измерения ряда метеорологических показателей. Количество этих постов определяется в зависимости от численности населения (в городах с количеством жителей в 200–500 тыс. человек сеть должна состоять из 3–5 постов, а в городах с населением более одного млн человек – 10–20), площади населенного пункта, рельефа местности, уровня развития промышленности и других факторов. Наблюдения по полной программе выполняются непрерывно (при использовании автоматических газоанализаторов) или дискретно в 1, 7, 13, 19 часов по местному декретному времени [16].

Подфакельные наблюдения занимают все большее место в деятельности учреждений санитарно-эпидемиологической службы и их лабораторий. Отбор проб при проведении подфакельных наблюдений должен проводиться с учетом направления ветра. Общее количество точек, в которых проводят наблюдения, устанавливают с учетом высоты и мощности источника эмиссии, а также особенностей размещения селитебных зон. Важно учесть и такое обстоятельство: по обе стороны от факела должны быть две точки справа и слева от линии перпендикулярной оси факела. Для проведения детальных исследований подфакельные наблюдения проводятся на расстоянии 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15 и 30 км [22].

Известно, что при неблагоприятных метеорологических условиях наблюдается увеличение концентрации поллютантов в атмосферном воздухе. Поэтому в период неблагоприятных условий содержание загрязняющих веществ должно исследоваться через каждые три часа. Одновременно должны отбираться пробы под факелами источников загрязнения на таких расстояниях, которые характеризуются максимальным загрязнением, а также на территории наибольшей плотности населения.

При стационарных и маршрутных наблюдениях, которые организуются в районе размещения отдельных предприятий, являющихся крупными источниками загрязнения атмосферного воздуха, отбор проб должен выявлять максимальные концентрации загрязняющего вещества.

Для того чтобы оценить фактическое загрязнение атмосферного воздуха, полученные результаты сопоставляют с предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Отбор проб для определения максимально разовых концентраций продолжается 20–30 мин. На их основе устанавливают

среднесуточные концентрации – среднеарифметическое значение разовых концентраций, полученные при непрерывном отборе проб в течение 24 часов. Среднемесячная концентрация загрязняющих веществ представляет собой среднеарифметическое значение всех разовых концентраций за месяц на одном посту, или среднеарифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций за один год на одном посту.

Практически важным является вопрос об определении перечня веществ, подлежащих контролю. Перечень веществ устанавливается с учетом сведений о количестве источников эмиссии, составе и характере выбрасываемых загрязняющих веществ и метеорологических условий их рассеивания. Наличие такого перечня позволяет получать по результатам наблюдений достоверные сведения о загрязнении атмосферного воздуха [23].

На стационарных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота) и специфическими веществами, перечень которых устанавливается в каждом конкретном случае. Так, в Казани проводятся наблюдения за содержанием в атмосфере аммиака, сероводорода, фенола, формальдегида, паров серной кислоты. Важное место отводится определению концентрации в атмосфере тяжелых металлов (ртути, свинца, цинка и др.) и бенз(а)пирена. В зоне влияния АЭС и других источников выделения радиоактивных веществ проводится контроль за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха.

Обязательному контролю подлежат растворимые сульфаты – в городах с населением более 700 тыс. жителей, формальдегид и соединения свинца – в городах с населением более 500 тыс. человек, в которых, как известно, большую роль в загрязнении атмосферы играет автомобильный транспорт. В городах, где имеются предприятия черной и цветной металлургии, должны определяться металлы, в населенных пунктах с числом жителей более 100 тыс. человек – бенз(а)пирен. В тех городах, которые расположены вблизи крупных сельскохозяйственных территорий, на которых используются пестициды, следует определять в атмосферном воздухе последние. В небольших населенных пунктах, где проводятся эпизодические наблюдения, число исследований за период обследования должно быть не менее 200 для каждой примеси [24].

Ценную информацию о загрязнении атмосферы может дать аэрокосмическая съемка. Она позволяет не только выявлять крупные источники

эмиссии, определять концентрацию аэрозолей и ряда химических соединений (оксида углерода, диоксида серы, оксида азота и др.), но и устанавливать ареалы загрязнения воздушной среды в региональном и глобальном масштабах [14].

Информация, полученная в процессе наблюдений за состоянием загрязнения атмосферного воздуха, по степени срочности подразделяется на экстренную, оперативную и режимную. Экстренная информация содержит сведения о резких изменениях уровня загрязнения атмосферного воздуха. Она немедленно передается местным органам для принятия решений о снижении выбросов загрязняющих веществ. Оперативная информация содержит обобщенные результаты наблюдений за месяц, а режимная – за год. Оперативные и режимные данные используются для прогнозирования загрязнения воздуха и планирования мероприятий по охране природной среды. При составлении прогнозов учитывается, что распространение загрязняющих веществ в воздухе связано в первую очередь с метеорологическими условиями переноса примесей от источника эмиссии. Поэтому при наличии прогноза метеоусловий и данных эмиссии поллютантов можно рассчитать уровень загрязнения атмосферного воздуха. В настоящее время задача прогноза реализуется либо в макро-, либо в мезомасштабе. Базовой информацией при этом служат общие прогнозы погоды, детализированные с учетом специфики, вносимой городской застройкой. Наиболее информативными параметрами для прогноза загрязнения являются: скорость и направление ветра, температурная стратификация, повторяемость туманов, турбулентный обмен и осадки, наблюдения за которыми ведутся на метеостанциях различных категорий. На рис. 16 представлена сеть наблюдений за метеорологическими параметрами на территории Республики Татарстан.

Систематические наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводятся в трех крупнейших городах республики (Казань, Набережные Челны, Нижнекамск) на 22 пунктах по 28 показателям.

В трех городах республики с населением более 100 тыс. человек (Альметьевск, Бугульма, Зеленодольск) проводятся экспедиционные обследования состояния загрязнения атмосферы.

Пункты отбора проб воздуха расположены в жилых районах, вблизи автомагистралей и крупных промышленных объектов. Пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и его загрязнением показаны на рис. 17–19.





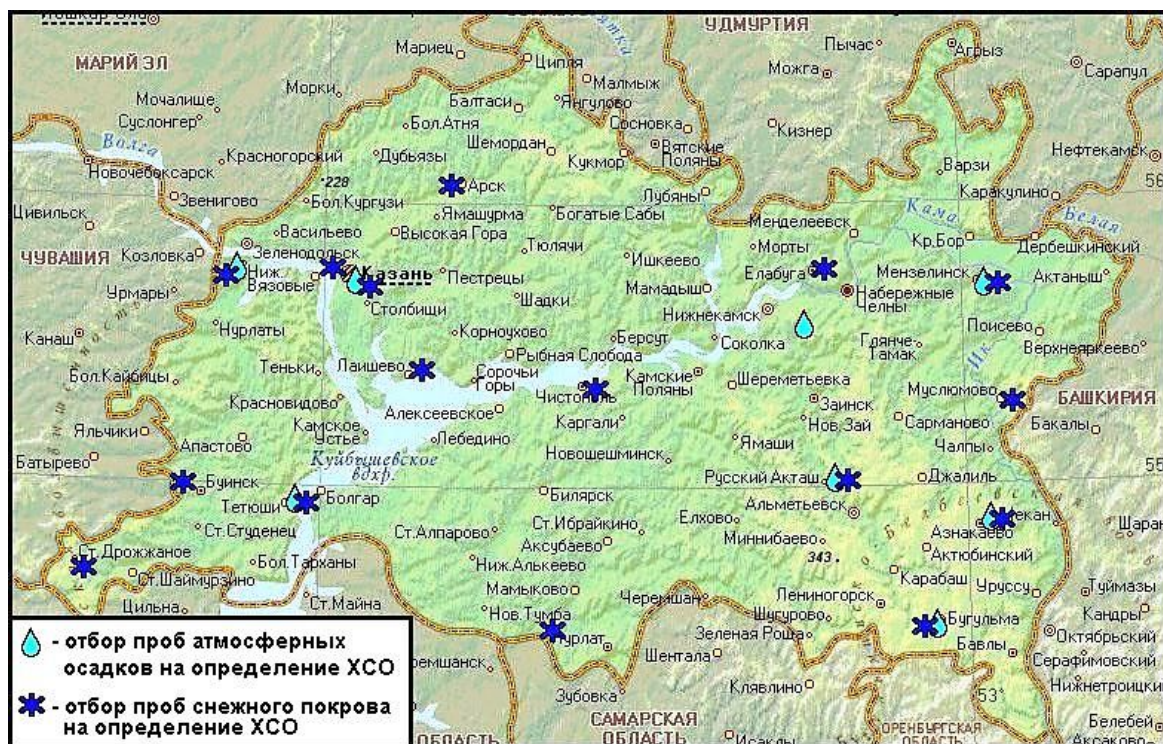


Рис. 18. Сеть станций по мониторингу загрязнения атмосферных осадков



Рис. 19. Радиационный контроль на территории Республики Татарстан

Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков проводятся на 8 метеостанциях (Казань, Вязовые, Р. Акташ, Тетюши, Азнакаево,

Мензелинск, Бегишево, Бугульма) по 11 показателям. Измерение кислотности осуществляется на 2-х метеостанциях (Казань, Вязовые).

На 17 метеостанциях ежедневно измеряется мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на местности. Наблюдений за радиоактивностью атмосферных выпадений методом горизонтального планшета проводятся на 5 метеостанциях (Казань, Тетюши, Чулпаново, Бегишево, Бугульма).

Рассеивающую способность атмосферного воздуха можно выразить через показатель возможного уровня загрязнения атмосферы (ПЗА). Он представляет собой отношение средних уровней концентраций загрязняющих веществ при заданных выбросах в конкретном  $q_i$  условном  $q_0$  районе [23]:

$$\text{ПЗА} = \frac{q_i}{q_0}.$$

Если в городах преобладают низкие источники выбросов, а также высокие с холодными выбросами, то:

$$q_i = q_0 \exp \left[ \frac{0,04}{(Z_2 - Z_1)^2} - \frac{0,4Z_1}{Z_2 - Z_1} \right].$$

Здесь  $Z_1$  и  $Z_2$  являются аргументами интеграла вероятности

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt.$$

При этих аргументах  $\Phi(Z_1) = 1 - 2P_1$ ,  $\Phi(Z_2) = 1 - 2P_2$ . Для условного района выбираются минимальные значения  $P_1$  и  $P_2$ , соответственно равные 0,1 и 0,05. С учетом этих значений:

$$\text{ПЗА} = 2,5 \exp \left| \frac{0,04}{(Z_2 - Z_1)^2} - \frac{0,4Z_1}{Z_2 - Z_1} \right|.$$

ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения атмосферного воздуха в конкретном районе будет выше, чем в условном, при реальной повторяемости метеорологических элементов.

Для низких источников при расчетах ПЗА согласно [23] принято:

$$P_1(q > q_n) = P_{\text{инв}} + P_{\text{сл}} + P_3 + P_T,$$

$$P_2(q > 1,5q_n) = P_3 + P_T,$$

где  $P_{\text{инв}}$  – повторяемость приземных инверсий;  $P_{\text{сл}}$  – повторяемость скорости ветра 0–1 м/с;  $P_3$  – повторяемость застоев;  $P_T$  – повторяемость туманов.

Характеристика ПЗА с использованием числовых значений ПЗА в табл. 5.

Таблица 5

#### Характеристика потенциала загрязнения атмосферы

Значение ПЗА	Характеристика ПЗА
1,8–2,4	низкий
2,4–2,7	умеренный
2,7–3,0	повышенный
3,0–3,3	высокий
3,3–4,0	очень высокий

Прогноз ПЗА и уровня загрязнения позволяет в плановом порядке принять меры по снижению выбросов в атмосферу и предотвратить высокое загрязнение атмосферного воздуха.

Для сравнительной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха урбоэкосистем и выявления тенденций его изменения используют формализованный показатель: комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха (КИЗА) [23]. Для его расчета вычисляют парциальные  $I_i$  и комплексный (суммарный)  $I_n$ (КИЗА) по формуле:

$$I(n) = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{C_i},$$

где  $q_i$  – средняя концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;  $\text{ПДК}_i$  – значение предельно допустимой концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества;  $C_i$  – безразмерная константа, равная 0,9, 1,0, 1,3 и 1,7 соответственно для 4, 3, 2 и 1 классов опасности загрязняющих веществ. Как правило, значение  $I_n$  рассчитывается для  $n=5$ , т.е. для пяти наибольших значений кон-

центраций веществ, определяющих основной вклад в суммарное загрязнение атмосферного воздуха при условии:

$$I_1 > I_2 > I_3 > I_4 > I_5.$$

Использование показателя КИЗА<sub>5</sub> позволяет привести степень загрязнения всех веществ к загрязнению веществом третьего класса опасности – диоксиду серы. Это предположение основано на том, что все загрязняющие вещества на уровне до ПДК не оказывают влияния на состояние здоровья человека, а при дальнейшем увеличении концентрации степень их негативного влияния на него возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности веществ. Величина КИЗА<sub>5</sub> показывает, какому уровню загрязнения атмосферы (в единицах ПДК диоксида серы) соответствует наблюдаемое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, т.е. во сколько раз уровень загрязнения атмосферного воздуха превышает допустимое значение. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха с использованием значений показателя КИЗА<sub>5</sub> приведена в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха  
с использованием значений показателя КИЗА<sub>5</sub>

Значение КИЗА <sub>5</sub>	Уровень загрязнения атмосферного воздуха
≤ 5	пониженный
5–6	повышенный
7–13	высокий
≥ 14	очень высокий

### 3.2. Мониторинг гидросферы

Мониторинг водных объектов – система регулярных наблюдений за гидрологическими или гидрогеологическими и гидрогеохимическими показателями их состояния, обеспечивающая сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых водоохранных мероприятий. Является составной частью системы государственного мониторинга окружающей природной среды.

### 3.2.1. Мониторинг вод морей и океанов

Сущность мониторинга морей и океанов заключается в слежении за уровнем загрязнения вод, динамикой его распространения и состоянием биоценозов с целью определения состояния морских экосистем, оценки и прогноза их изменения под влиянием антропогенных и естественных факторов. Основным принципом получения информации является комплексность наблюдений, т.е. сопряженное определение гидрохимических, гидробиологических и гидрофизических характеристик экосистем на участках акватории как с загрязненными, так и относительно чистыми водами [24].

Наблюдения (т.е. отбор и анализ проб воды) ведутся на специально выбранных в море точках – морских станциях. В зависимости от народнохозяйственной значимости водного объекта и степени его загрязненности станции подразделяются на три категории.

Морские станции первой категории предназначены для оперативного выявления уровней загрязнения в наиболее загрязненных зонах акватории. Они располагаются на замыкающих створах устьевых областей, в зонах влияния сброса сточных вод, нефтеналивных баз, в местах действующих морских нефтепромыслов, в районах, имеющих важное рыбохозяйственное или культурно-оздоровительное значение [16].

Наблюдения по полной программе проводятся один раз в месяц и включают определение:

- загрязняющих веществ (нефтепродуктов, пестицидов, тяжелых металлов, фенолов, а также загрязняющие вещества, специфичные для данного района);
- показателей среды (растворенного кислорода, сероводорода, нитратного и нитритного азота, общего фосфора и др.);
- элементов гидрометеорологического режима (солености, температуры воды и воздуха, направления и скорости ветра и течений, прозрачности и цветности воды);
- важнейших характеристик фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и перифитона (общей численности организмов, числа видов, общей биомассы и др.).

Станции второй категории служат для определения уровней загрязнения и тенденций их изменения в таких зонах, как районы городов и портов, прибрежные воды морей и устьев рек, бухты, заливы, а также районы расположения промышленных комплексов, мест добычи полезных ископаемых, стоков с сельскохозяйственных угодий, районы интенсивного судоходства и районы, имеющие культурно-оздоровительное и рыбохозяйственное значение. Они предназначены для изучения сезонной и годовой из-

менчивости уровня загрязнения морских вод. Наблюдения проводятся ежемесячно по той же программе, что и на станциях первой категории.

Станции третьей категории организуются в относительно чистых водах для выявления фоновых уровней загрязнения и их сезонной и годовой изменчивости. Наблюдения проводятся с периодичностью один раз в сезон по полной программе.

Наряду с наблюдениями в прибрежных и открытых частях морских акваторий применяются аэрокосмические методы получения информации. Зондирование в видимом диапазоне позволяет получать данные, необходимые для определения взвешенных частиц, состава и продуктивности фито- и зоопланктона, состояния прибрежной зоны, динамики морских берегов. Съемка в инфракрасном и микроволновом диапазонах применяется для измерения температуры поверхности океана, выявления солености воды, изучения термодинамики морских льдов и других явлений. Спектральная индикация используется для качественного и количественного анализа взвесей, определения хлорофилла в фитопланктоне (а косвенно загрязнения воды), обнаружения нефтяных пленок на поверхности морей и океанов. В итоге накапливается ценная информация об ареалах и интенсивности загрязнения, изменении свойств воды, трансформация морских экосистем в пространстве и времени.

Оценка состояния морских вод, также как и для вод суши, производится по химическим, физическим и биологическим показателям [16].

Мониторинговые наблюдения позволяют выявить основные источники поступления и накопления загрязняющих веществ, оценить процессы самоочищения морской среды, определить те изменения, которые вызваны антропогенными факторами. Получаемая информация отражает не только сложившуюся экологическую ситуацию, но и дает научную основу для прогнозирования ее возможных изменений в будущем. Прогнозирование осуществляется на основе построения математических моделей поведения экосистем с учетом их важнейших внутренних и внешних связей [20].

Важной составной частью мониторинга морских вод является изучение загрязнения открытых районов Мирового океана (особенно нефтепродуктами), состояние которых представляет собой предмет широких международных дискуссий и научно-исследовательских программ.

### 3.2.2. Мониторинг вод суши

Основная цель данного мониторинга заключается в получении информации о качестве вод, необходимой для проведения мероприятий по

охране и рациональному использованию водных ресурсов. В связи с этим решаются следующие задачи:

- наблюдение и контроль уровней загрязнения водоемов по физическим, химическим и гидробиологическим показателям;
- изучение динамики загрязняющих веществ и составление прогнозов загрязнения водоемов;
- выявление закономерностей процессов самоочищения и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях;
- изучение закономерностей выноса загрязнения через устья рек с целью определения их баланса в водоемах.

Для решения этих задач организуются систематические наблюдения за загрязнителями поверхностных вод как в местах, подверженных хозяйственной деятельности человека, так и в районах минимального загрязнения (фоновый контроль). Наблюдательная сеть включает стационарные посты наблюдений за состоянием водоемов, специализированные посты на загрязненных водных объектах для решения научно-исследовательских задач, временные экспедиционные посты на объектах, не охваченных наблюдениями. Наблюдательные пункты должны удовлетворять требованиям репрезентативности и располагать данными о расходах рек, уровнях воды в водоемах и другими гидрологическими материалами [24].

Посты наблюдений и контроля на реках, озерах и водохранилищах обычно приурочены к зонам сброса сточных вод. Они устанавливаются в местах сброса сточных и ливневых вод городов и крупных населенных пунктов, мест сброса сточных вод крупными предприятиями и подогретых вод от ТЭС и АЭС, сброса коллекторно-дренажных вод с мелиоративных земель, нерестилища рыб, при плотинных и устьевых участках рек и других объектов [16].

Размещение створов на объектах наблюдения и расстояние между ними определяется в соответствии с действующими правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. В каждом пункте должно быть выделено не менее двух-трех створов: один выше источника загрязнения (для характеристики фоновое состояние объекта относительно данного пункта) и один-два створа ниже источника загрязнения.

В пунктах стационарной сети наблюдений перечень поллютантов и показателей качества воды определяется, главным образом, составом сточных вод, их токсичностью и требованиями, предъявляемыми со стороны потребителей воды. Все это обуславливает некоторое различие программ наблюдения для разных пунктов стационарной сети. Тем не менее, определение ряда показателей, относящихся к наиболее общим требованиям к ка-

честву воды для санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования являются обязательным для всех пунктов сети и входит в общую программу. К ним относятся: температура воды, взвешенные вещества, минерализация, цветность, показатель рН, растворенный кислород, БПК<sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода за пентаду), главные ионы, запахи, биогенные компоненты и такие широко распространенные загрязняющие вещества, как нефтепродукты, детергенты, летучие фенолы, пестициды, соединения тяжелых металлов, а в районах размещения АЭС радионуклиды. Этот список может меняться в зависимости от местных особенностей, важности водного объекта и требований, предъявляемых со стороны потребителей воды.

Оценка степени загрязнения поверхностных и подземных вод осуществляется по различным химическим, физическим и биологическим показателям.

Для сравнительной оценки качества вод, выявления тенденций качества вод по годам используется обобщенный показатель – индекс загрязненности воды (ИЗВ<sub>6</sub>) [25].

ИЗВ<sub>6</sub> применяется для оценки состояния поверхностных водных объектов в системе Росгидромета. Наиболее широко этот индекс используется при проведении экологического мониторинга поверхностных вод, для сравнения экологического состояния водных объектов, а также с целью оценки изменчивости качества вод в реальном масштабе времени. Этот подход в равной мере применяется для пресных и морских вод.

Оценка базируется на анализе нормированных к ПДК значений содержания загрязняющих веществ в воде. При расчете индекса используются шесть ингредиентов. В качестве обязательных показателей рассматриваются биохимическое поглощение кислорода за 5 сут. (БПК<sub>5</sub>) и содержание растворенного кислорода. Кроме того, в расчет включаются четыре поллютанта с максимальными значениями нормированных показателей.

Расчет по БПК<sub>5</sub> и растворенному кислороду проводится по специальным нормам, которые применяются в зависимости от значений биохимического поглощения кислорода или содержания растворенного кислорода в воде [26].

Нормы по БПК<sub>5</sub> следующие:

не более 3 мгО<sub>2</sub>/л – норма 3;

3–15 мгО<sub>2</sub>/л – норма 2;

более 15 мгО<sub>2</sub>/л – норма 1.



При расчете нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму. Предлагаются следующие нормы содержания растворенного кислорода:

- более 6 мг/л – норма 6;
- 6–5 мг/л – норма 12;
- 5–4 мг/л – норма 20;
- 4–3 мг/л – норма 30;
- 3–2 мг/л – норма 40;
- 2–1 мг/л – норма 50;
- 1–0 мг/л – норма 60.

При расчете нормированной величины норма делится на содержание кислорода. Окончательное вычисление ИЗВ проводится по соотношению

$$\text{ИЗВ}_6 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где  $C_i$  – фактическая концентрация  $i$ -го вещества (для БПК<sub>5</sub> и растворенного кислорода в формулу вводятся нормированные величины, полученные приведенными выше способами).

В результате вычисления по формуле средней нормированной величины по шести ингредиентам получаем индекс загрязнения воды, который в зависимости от численного значения соответствует одному из семи классов качества воды. Для пресных и морских вод численные градации индекса различаются (табл. 7).

Таблица 7

#### Классификация загрязнения пресных и морских вод по ИЗВ

Класс загрязнения	Характеристика загрязнения	Значение ИЗВ	
		пресные воды	морские воды
I	Очень чистая вода	<0,3	<0,25
II	Чистая вода	0,3–1,0	0,25–0,74
III	Умеренно загрязненная вода	1,0–2,5	0,75–1,24
IV	Загрязненная вода	2,5–4,0	1,25–1,74
V	Грязная вода	4,0–6,0	1,75–3,0
VI	Очень грязная вода	6,0–10,0	3,1–6,0
VII	Чрезвычайно грязная вода	>10,0	>6,0

Ниже представлена формула комплексного показателя ПХЗ-10 (показатель химического загрязнения):

$$\text{ПХЗ-10} = \sum_{i=1}^{10} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

Он определяется по 10 веществам, среди которых:  $O_2$ , БПК, взвешенные вещества, вещества азотной группы и наиболее характерные для конкретного водного объекта (если  $C_i/\text{ПДК}_i > 1$ , то принимается  $C_i/\text{ПДК}_i = 1$ ).

В последние годы для выявления экологического состояния поверхностных водоемов широко используются гидробиологические индикаторы. Поскольку отсутствует единый гидробиологический показатель, качество воды определяется набором характеристик, отражающих состояние зообентоса, перифитона (организмов, поселяющихся на подводных частях речных судов, бакенов, свай и т.п.), зоопланктона, фитопланктона, высших водных растений. Конкретный набор характеристик обусловлен экологическим типом водного объекта, составом и объемом сточных вод, их токсичностью и требованиям, предъявляемыми потребителями воды [17].

Для обеспечения оптимальной информации о качестве воды, для оценки изменения уровня загрязнения и для оценки эффективности мероприятий по охране окружающей среды все пункты стационарной сети наблюдений подразделяются на четыре категории [27].

К первой категории отнесены пункты, располагающиеся на водных объектах (или их участках), имеющих особо важное народнохозяйственное значение, включая:

- устьевые участки и замыкающие створы основных крупных речных бассейнов;
- места нерестилищ и зимовий ценных пород рыб.

Ко второй категории отнесены пункты, расположенные на водных объектах:

- в районе промышленных городов и рабочих поселков, население которых использует воду для питьевых и хозяйственных нужд, и на участках массового отдыха населения;
- имеющих большое рыбохозяйственное значение;

- в местах сброса коллекторно-дренажных вод, отводимых с сельхозугодий;
- на пограничных створах рек, вытекающих на территорию страны из-за рубежа или вытекающих за ее пределы;
- на замыкающих створах больших и средних рек, впадающих в моря и внутренние водоемы, имеющие большое народнохозяйственное значение;
- на замыкающих створах рек, по которым составляются водохозяйственные балансы с характеристикой качества водных ресурсов;
- в приустьевой зоне больших притоков крупных рек, озер и водохранилищ.

К третьей категории относятся пункты, расположенные на водных объектах, где воздействие на качество воды носит умеренный и слабый характер, т.е. в районах небольших городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, местах отдыха (дома отдыха, туристические базы и пр.), местах поступления стоков с сельхозугодий.

К четвертой категории относятся пункты стационарной сети гидрохимических наблюдений на водных объектах, не подверженных прямому воздействию (фоновые участки).

Программа работ в зависимости от категории пунктов различается не только по объему наблюдаемых показателей, но и по срокам наблюдений. Так, на пунктах первой категории наблюдения производятся ежедневно по сокращенной программе и ежедекадно по полной программе; на пунктах второй категории ежедневно производятся только визуальные наблюдения, а полные – ежемесячно; на пунктах третьей категории – ежемесячные наблюдения по сокращенной программе, а полная программа – в основные гидрологические фазы, как и на пунктах четвертой категории.

В настоящее время мониторинг состояния вод суши оснащается автоматизированными системами отбора проб воды. На автоматизированных станциях надежно измеряются такие показатели, как температура, растворенный кислород, рН, мутность, электропроводность, уровень воды. Проводятся работы по разработке датчиков для определения ионов меди, фтора, хлора, нитрата, цианида, а также сероводорода, аммиака и других ингредиентов и показателей качества воды [16, 24].

На территории Республики Татарстан гидрологические наблюдения проводятся на 35 водомерных постах (рис. 20).

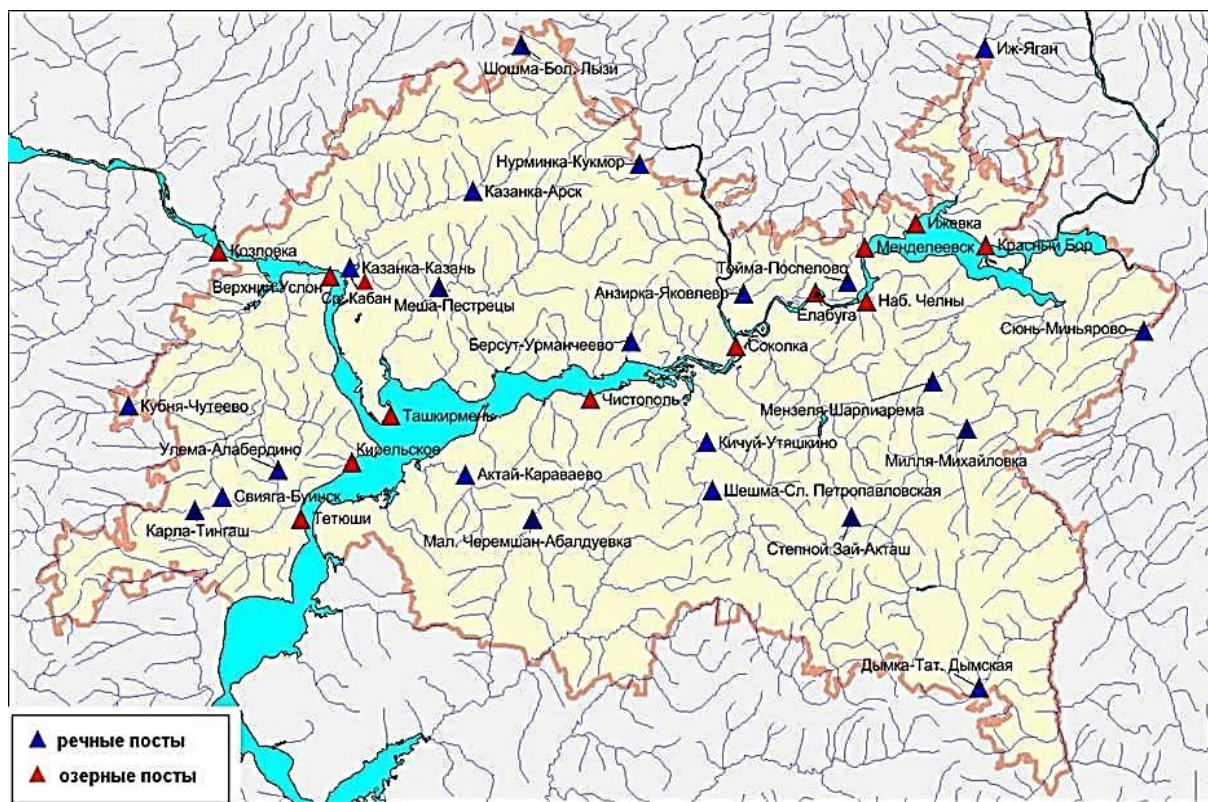


Рис. 20. Сеть гидрологических наблюдений на территории Республики Татарстан

Гидрологические посты равномерно расположены по всем основным речным бассейнам республики, на которых осуществляется изучение гидрологического режима водных объектов, измерение количественных и качественных гидрологических характеристик. Все посты работают по единым программам, принятым в системе Росгидромета.

В 2010 г. были установлены и успешно функционируют до настоящего времени четыре автоматических гидрологических комплекса фирмы SEVA на реках Сюнь, Тойма, Кичуй и Свяга. Они позволяют дистанционно и оперативно получать информацию об уровнях и температуре воды в конкретный момент времени и сразу же доводить ее до потребителя.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод на территории Республики Татарстан проводятся на 24 точках отбора проб по 39 гидрохимическим показателям (рис. 21).

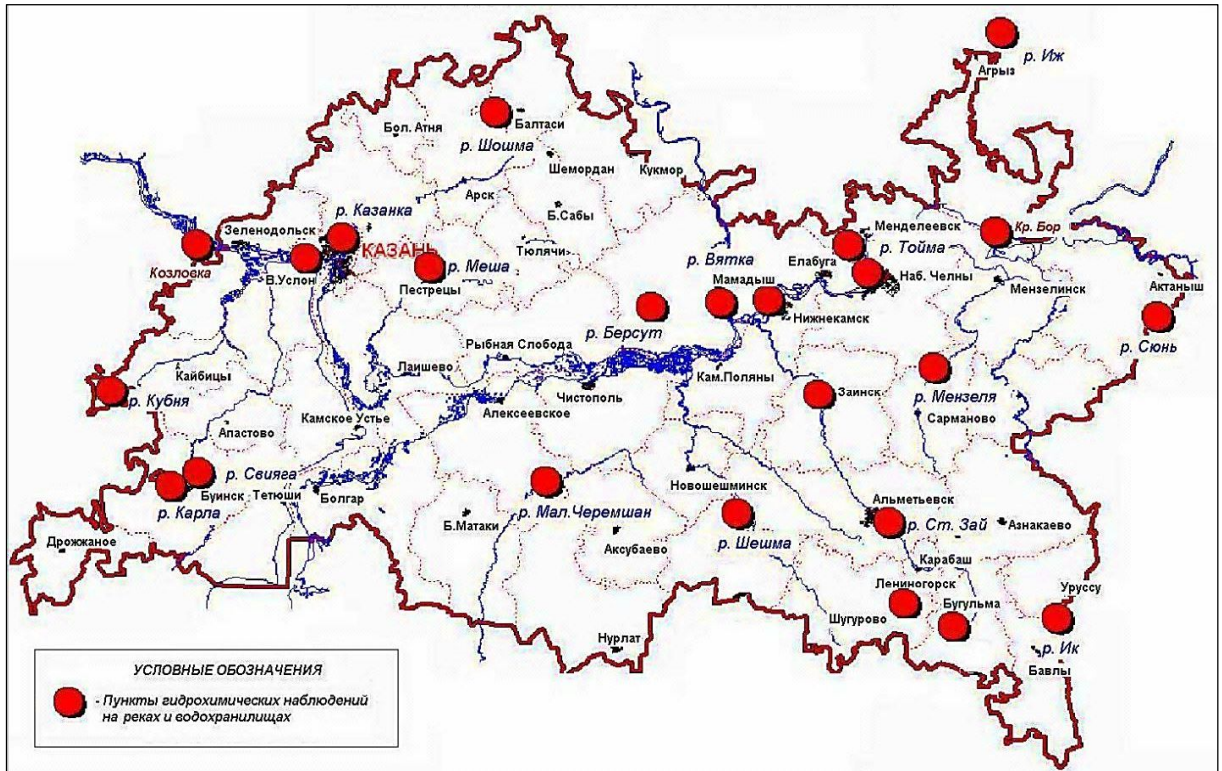


Рис. 21. Схема расположения пунктов гидрохимических наблюдений на территории Республики Татарстан

### 3.3. Мониторинг почвенного покрова

Интенсивное использование земель часто ведет к развитию неблагоприятных процессов (водной и ветровой эрозии, вторичного засоления и заболачивания, загрязнения почв промышленными выбросами и пестицидами), что существенно ухудшает свойства почвенного покрова. В связи с этим возникает необходимость слежения за показателями состояния почв с целью его оценки, прогнозирования и картографирования, а также обоснования мероприятий по повышению почвенного плодородия.

Почвенный мониторинг основывается на контроле за состоянием почвенного покрова, оценке и прогнозе изменения почв в результате их загрязнения. Основными показателями, которые оцениваются в процессе почвенного мониторинга, являются: кислотность, потеря гумуса, засоление, загрязнение нефтепродуктами.

Мониторинг почвенного покрова включает систематические наблюдения за уровнем загрязнения почв, процессами миграции химических веществ, динамикой показателей почвенного плодородия в пространстве и во времени. Однако он не может ограничиться лишь анализом проб почв, так как исследование почв неотделимо от изучения других компонентов ландшафта, всех путей накопления загрязняющих веществ как в природных, так и в антропогенных комплексах [16, 24].

Проведение мониторинга почв вызвано необходимостью своевременного выявления неблагоприятных свойств почв при различных видах их использования и развития естественных почвообразовательных процессов. Важнейшие задачи почвенного мониторинга включают:

- изучение факторов и процессов, определяющих антропогенную и естественную трансформацию почвенного покрова во времени и пространстве;
- определение и оценка изменения свойств почв, и их естественного плодородия;
- контроль загрязнения почв пестицидами, тяжелыми металлами и другими ингредиентами;
- выявление тенденций и прогнозирование изменения состава и свойств почв, а также структуры почвенного покрова.

При почвенном мониторинге необходимо не только определить химический состав и концентрацию веществ-загрязнителей, но и проанализировать их перераспределение по почвенным горизонтам, учесть процессы выноса и вымывания. Таким образом, цель мониторинга почв заключается в установлении негативных изменений качества почв, выявлении источников загрязнения почв, а также – в оценке воздействия качества почв на здоровье населения и в получении достоверных данных для обоснования программ по рекультивации почв.

Объектом мониторинга почв принято считать все почвы, входящие в состав земельного фонда страны, независимо от принадлежности, т.е. от форм собственности на земельные участки, целевого назначения и характера использования земель. Также важным объектом мониторинга почв являются атмосферные осадки зимнего периода, поскольку содержащиеся в снеге вещества вместе с талыми снеговыми водами поступают в почву и существенно влияют на экологическое состояние почвенного покрова, изменяя его кислотность, концентрацию ионов и тяжелых металлов. Мониторинг почв проводится только в теплое и сухое время года (лето, начало осени). В зимний же период проводится предполевая подготовка к проведению мониторинга, которая включает в себя:

- сбор сведений об имеющихся на данной местности источниках загрязнения почв (местоположение, объем выбросов, особенности производственного цикла, объемы твердых отходов, способы их утилизации или захоронения);
- составление карты техногенных нагрузок на исследуемую территорию (на карту наносят источники техногенного воздействия на почвы, и зоны их вероятного влияния);

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

Для решения этих проблем необходима организация стационарных и полустационарных наблюдений на специально выбранных участках в сочетании с использованием дистанционных методов исследования. В качестве объектов наблюдений выбираются типичные ландшафты, расположенные во всех важнейших почвенно-климатических зонах и провинциях и подверженные интенсивному антропогенному воздействию (прежде всего сельскохозяйственному использованию). Параллельно исследуются фоновые территории, представленные ландшафтами, которые испытали наименьшие антропогенные нагрузки.

На стационарах и в полустационарах с помощью полевых методов и анализов отобранных образцов ведутся регулярные наблюдения за химическими, физическими и биологическими показателями, характеризующими состояние почвенного покрова. Перечень наблюдаемых химических показателей определяется их токсичностью и распространенностью, а для средств химической защиты – еще и устойчивостью.

Наблюдения за содержанием наиболее токсичными тяжелыми металлами (ртуть, свинец, кадмий) проводятся повсеместно. Широко распространены такие токсиканты, как кобальт, мышьяк, цинк, никель, медь, ванадий, марганец и др. В большинстве случаев они поступают на поверхность почв за счет локальных промышленных выбросов.

Из органических загрязнителей должны контролироваться вещества, обладающие способностью поступать и накапливаться в сельскохозяйственной продукции, а также способные к миграции с поверхностным и подземным стоком. Среди них выделяют токсичные вещества, такие как бенз(а)пирен, полихлорбифенилы, др. Кроме того, в программу мониторинга входят наблюдения за содержанием гумуса, азота, фосфора, определяется кислотность почвы, накопление легкорастворимых солей и др.

В соответствии с главными источниками загрязнения почв выделяют два типа загрязненных территорий.

К первому типу относятся почвы сельскохозяйственных районов. Отбор проб производится два раза в год – весной после таяния снега (до применения пестицидов) и в конце вегетационного периода (в течение 10 дней после уборки урожая). Пробы в обоих случаях отбираются на одних и тех же участках, которые являются типичными для данного района по природным условиям и характеру использования. Уровень загрязнения почв определяется по содержанию наиболее устойчивых пестицидов и тяжелых металлов.

Второй тип – это почвы вокруг промышленно-энергетических объектов. Основной отбор проводится один раз в год весной после таяния снега в 64 точках, расположенных равномерно по восьми направлениям (азимутам) в радиусе до нескольких десятков километров от источника загрязнения. Кроме того, производится дополнительный отбор проб один раз в год осенью после уборки урожая в 16 точках по четырем азимутам. Пробы почв анализируются на содержание тяжелых металлов, полихлорбифенилов, бенз(а)пирена и других ингредиентов.

Кроме почвы как таковой, объектами наблюдений являются также атмосферные выпадения (осадки, сухие выпадения, снежный покров), позволяющие судить о величине потока загрязняющих веществ на земную поверхность. Поэтому одновременно для определения интенсивности поступления тяжелых металлов в почву ежегодно (в конце зимы) проводится отбор проб снега. Соединенный образец снега с площади 1 га составляется из 20–40 точечных проб. Участки наблюдения чаще всего приурочены к местам с максимальным уровнем загрязнения почвенного покрова.

Наиболее крупные по площади объекты – это, как правило, сельскохозяйственные угодья, должны регулярно обследоваться с помощью дистанционных методов. Аэрокосмические снимки позволяют выявить структуру почвенного покрова, состояние посевов, а также путем измерения отражательной способности почв количественно (или полуколичественно) определить содержание гумуса, температуру почв, развитие эрозии и другие характеристики. Данные аэрокосмического зондирования должны контролироваться путем наземного обследования эталонных участков, расположенных в пределах массивов наблюдения [14, 15].

Оценка экологического состояния почв производится с помощью химических и биологических критериев, а также показателей физической деградации сельскохозяйственных угодий.

В качестве показателей физической деградации сельскохозяйственных земель рекомендуется использовать площади угодий, выведенных из землепользования в результате эрозии, вторичного засоления, загрязнения, показатели увеличения плотности почв, потери гумуса и другие критерии. Признаком биологической деградации почв служит снижение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о котором можно судить по уменьшению уровня активной микробной биомассы.

В практике экологического нормирования широко используется показатель суммарного загрязнения почв ( $Z_c$ ) [26]. Расчет проводится по следующему уравнению:



$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i\phi}} \right) - (n - 1),$$

где  $C_i$  – фактическое содержание загрязняющего вещества в почве;  $C_{i\phi}$  – фоновое содержание вредного вещества в почве или его предельно допустимая концентрация;  $n$  – количество аномальных (концентрация превышает фоновое содержание или ПДК) веществ.

Определение категории загрязнения производится по показателю суммарного загрязнения почвы (табл. 8). Все градации имеют привязку к качественной характеристике здоровья населения, проживающего на изучаемой территории.

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

Таблица 8

## Оценка экологического состояния почв

Категория загрязнения почв	Величина $Z_c$	Показатели здоровья населения
Допустимая	1–8	
Слабая	8–16	Наиболее низкий уровень заболеваемости населения
Средняя	16–32	Рост общей заболеваемости
Сильная	32–64	Рост общей заболеваемости, в том числе детской
Очень сильная	64–128	Рост общей заболеваемости, в том числе детской, нарушение репродуктивной функции женщин, рост онкологической заболеваемости

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

загрязнена неорганическими веществами (тяжелыми металлами и пр.), то значение БАП падает.

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

На территории Татарстана ФГБУ «УГМС Республики Татарстан» проводятся наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами (до 24 элементов), а также ртутью, мышьяком и нефтепродуктами. Это всё токсиканты промышленного происхождения (ТПП).

В рамках Программы мониторинга с 2007 г. проводятся ежегодные наблюдения за уровнем загрязнения почвы ТПП на территории г. Казани – в трёх пунктах многолетних наблюдений (ПМН) (в районе ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3), а также по всей территории города, в том числе в жилых районах и районах новостроек, расположенных в зонах влияния крупных автодорог (рис. 22).

В городах Набережные Челны и Нижнекамск постоянно действуют по одному ПМН, где отслеживается уровень влияния промышленных зон на жилые районы этих городов.

Для определения уровня загрязнения почвы используются различные критерии. На сегодняшний день главным и определяющим считается установленный санитарными нормами уровень предельно допустимые концентрации (ПДК) или ориентировочно допустимые концентрации (ОДК). Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03, «содержание потенциально опасных для человека веществ не должны превышать ПДК».

Но не для всех определяемых элементов установлены значения ПДК или ОДК. Для определения уровня загрязнения почвы широко используется суммарный индекс загрязнения почвы тяжелыми металлами  $Z_{\text{ф}}$ . Для его



ны. Фоновые пробы отбираются с учётом влияния розы ветров в заповедных лесопарковых зонах на расстоянии 25–30 км от города.

В настоящее время проведена модернизация приборной базы для проведения мониторинга. В работе для определения содержания ТПП в почвах используются методы атомно-абсорбционной спектрометрии, атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, ИК-спектроскопии.

### 3.4. Мониторинг литосферы

Интенсивное воздействие человека на верхние слои литосферы, т.е. возрастающая добыча полезных ископаемых и связанные с этим сооружения шахт, карьеров, рудников, угольных разрезов, нефтяных и газовых скважин, образование отвалов, хранилищ отходов обогащения и многое другое, обуславливает необходимость регулярного слежения, оценки и прогнозирования техногенных и естественных изменений состояния геологической среды – литомониторинга [24].

Основными объектами литомониторинга являются различные геолого-геоморфологические процессы, которые проявляются в верхних слоях земной коры. Слежение за их состоянием осуществляется с помощью наземных режимных наблюдений в сочетании с применением дистанционных методов. Тесная связь наземных наблюдений с дистанционными не случайна, поскольку именно наблюдения с самолетов, из космоса наиболее эффективны для надзора за состоянием верхних слоев литосферы, за теми изменениями, которые происходят под влиянием хозяйственной деятельности человека как на земной поверхности, так и в более глубоких горизонтах.

На рис.23 и 24 представлены разломы на территории Республики Татарстан, места землетрясений, которые произошли в разные года на территории г. Казани.

Картосхемы составлены по материалам космических снимков, геофизических съемок, а также на основе анализа геологического, тектонического и геоморфологического строения территории [28].

При литомониторинге наземные наблюдения ведутся в стационарных условиях на участках с активным проявлением экзогенных (оползни, обвалы, сели, лавины, карст, суффозионно-просадочные явления и др.) и эндогенных (тектонические подвижки, землетрясения, вулканизм и др.) процессов.

Аэрокосмическая съемка дает ценную информацию об интенсивности проявления геолого-геоморфологических процессов, позволяет выявить закономерности их динамики во времени и в пространстве, определить ареалы локальных и региональных нарушений геологической

среды. Космические снимки обладают высокой чувствительностью к новейшим геодинамическим процессам в земной коре, обуславливающим связь линеаментов (линейных структур) с планетарной трещиноватостью.

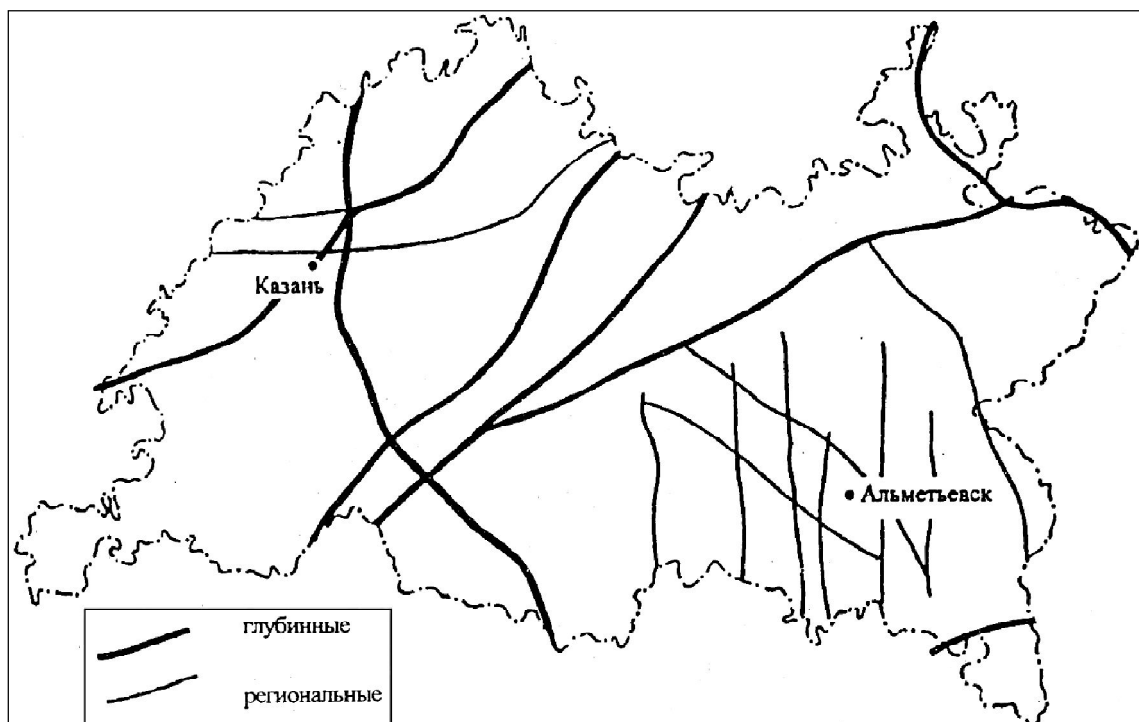


Рис. 23. Карта глубинных сейсмогенерирующих разломов на территории Республики Татарстан [28]

Линейменты отображают не только разрывы, трещины и складки, но и зоны, полосы повышенного и пониженного напряжения состояния земной коры, которые имеют важное значение при выделении сейсмогенных разломов [28].

Сравнение материалов повторных инфракрасных съемок (способное уловить изменения теплового режима) и лидарной спектроскопии (регистрирующей состав и интенсивность газовыделений) может охарактеризовать динамику жизни активных разломов. Мониторинг сейсмоактивных зон может осуществляться либо полностью с космического носителя, либо основной комплекс измерений может выполняться наземными средствами. В этом случае орбитальные средства используются как оперативные системы сбора полезной информации и передачи ее в центры обработки и предупреждения.

Нефтегазодобывающие комплексы при аэрокосмической съемке особенно наглядно дают о себе знать в ночное время суток. Интенсивное световое излучение, пятна горящих факелов хорошо видны на снимках. Тепловые контрасты отчетливее всего проявляются на весенних снимках, когда начинает сходить снежный покров. Из-под него первыми проступают «горячие» карьеры, отвалы, по которым идет перевозка горной массы.



шлейфов перерабатывающих предприятий, и поэтому для литомониторинга именно зимние съемки являются весьма «словоохотливыми» [13, 15].

На основе дешифрирования снимков строятся геологические и геоморфологические карты, которые позволяют проследить состояние и развитие земной коры, в том числе влияние антропогенного фактора на геологическую среду. Важным источником получения оценочной и прогнозной информации о нарушениях геологической среды являются оценочные карты. Выделяют три типа оценочных карт: кадастровые, динамические и прогнозные. К кадастровым относят карты, фиксирующие геолого-геоморфологическую ситуацию на момент проведения наблюдений. Они носят оперативный характер и составляются не реже одного раза в год. Динамические карты отражают степень подвижности (активности) явлений, направления в смещении грунтов и изменений границ ареалов. Прогнозные – отражают вероятное состояние геолого-геоморфологических процессов и ресурсов на заранее заданное время упреждения, т.е. дают прогноз геолого-геоморфологических процессов [17].

Актуальной задачей литомониторинга является создание автоматизированной информационной системы, взаимодействующей по каналам связи с системой наблюдений. Ее функции включают: а) поиск и хранение режимной информации; б) целенаправленную обработку и оценку этой информации; в) выполнение оперативных прогнозов; г) решение задач оптимизированного характера.

### **3.5. Биологический мониторинг**

Любая экосистема, находясь в равновесии с факторами внешней среды, имеет сложную систему подвижных биологических связей, которые нарушаются под воздействием различных факторов. Прежде всего влияние антропогенных факторов, и в частности загрязнения, отражается на видовом составе сообществ и соотношении численности слагающих их видов.

В последнее время весьма перспективными становятся биологические методы экологического мониторинга, которые дают нам прямую информацию о реакции организмов на стрессорные факторы. Это достаточно эффективный метод мониторинга окружающей среды, основанный на исследовании воздействия изменяющихся экологических факторов на различные характеристики биологических объектов и систем. Биологический метод оценки состояния системы позволяет решить задачи, разрешение которых с помощью физических и химических методов невозможно. Рекогносцировочная оценка степени загрязнения по составу бионтов позволяет быстро установить его санитарное состояние, определить степень и харак-



тер загрязнения и пути его распространения в экосистеме, а также дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения.

*Биологический мониторинг* – это слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуентов и т.д.) и оценка качества окружающей среды с помощью биоиндикаторов.

*Цель биологического мониторинга*– наблюдение за биотической составляющей биосферы и ее реакцией на техногенное воздействие, а также оценка качества окружающей среды по биотическим параметрам.

*Объектом биологического мониторинга* являются живые организмы на разных уровнях организации (от клеток до экосистем).

В зависимости от объекта наблюдения выделяют следующие подвиды биологического мониторинга:

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

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

- мониторинг индикационных популяций, состояние которых характеризует степень нарушенности данной экосистемы. В данном случае эти популяции играют роль биоиндикаторов.

Под биологическими объектами понимаются любые биологические системы на различных уровнях организации живой материи (молекулы органических веществ, клетки, ткани, органы, организмы, популяции, виды, группировки, сообщества организмов), с включением при необходимости костных компонентов (биогеоценозы, почвы, ландшафты). При этом в целях биоиндикации используются генетические, биохимические и физиологические нарушения хромосом, биомембран, органелл, обмена веществ (белков и аминокислот, углеводов, включая фотосинтез; липидов, минерального и энергетического обменов); активности ферментов и гормонов; морфологические, анатомические, биоритмические и поведенческие отклонения; флористические, фаунистические, популяционно-динамические, биогеоценозические и, наконец, ландшафтные изменения.

Существуют следующие уровни биомониторинга:

- биохимические и физиологические реакции (изменение различных процессов и накопление определённых токсикантов в органах);

- аналитические, морфологические, биоритмические и поведенческие реакции;

- флористические и фаунистические изменения;
- популяционные, биогеоценологические и экосистемные изменения.

Основной *задачей* биомониторинга является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ.

В целом, методы биомониторинга имеют *ряд достоинств*:

- измерение суммарного эффекта внешнего влияния;
- изучение влияния загрязнения на растения и животных;
- определение влияния в пространстве и времени;
- возможность применять профилактические средства.

*Преимуществом методов биоиндикации и биотестирования* перед физико-химическими методами является интегральный характер ответных реакций организмов, которые:

- суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом;
- выявляют наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей;
- позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека;
- дают возможность контролировать действие многих синтезируемых человеком соединений;
- в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы;
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека;
- помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию, так как одинаковый состав и объем загрязнений может привести к различным реакциям природных систем в разных географических зонах;
- делают необязательным применение дорогостоящих трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров; живые организмы постоянно присутствуют в окружающей человека среде и реагируют на кратковременные и залповые выбросы токсикантов,

которые может не зарегистрировать автоматизированная система контроля с периодическим отбором проб на анализы.

Особую значимость имеет то обстоятельство, что биоиндикаторы и тест-объекты отражают степень опасности соответствующего состояния окружающей среды для всех живых организмов, в том числе и для человека.

Подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, необходимо отметить, что биомониторинг предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов. Но, отражая степень негативного воздействия в целом, биоиндикация не объясняет, какими именно факторами оно создано. Наиболее эффективно оценка качества окружающей среды может производиться в сочетании абиотических и биотических параметров.

### 3.6. Методы и объекты биомониторинга

Существует два основных метода биомониторинга: пассивный (биоиндикация) и активный (биотестирование) [29].

Пассивный (*биоиндикация*) – исследование свободноживущих организмов (биоиндикаторов) на предмет повреждений и отклонений от нормы, которая является признаком неблагоприятного воздействия. То есть, это исследование группы особей одного вида или биотических сообществ, обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов, непосредственно в среде их обитания. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений [30].

Слово биоиндикация образовано от греческого *bios* – жизнь и латинского *indicare* – указывать.

Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений [31].

Активный (*биотестирование*) – использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов [30].

*Тест-объект* (test organism) – организм, используемый при оценке токсичности химических веществ, природных и сточных вод, почв, донных отложений, кормов и др.

Методами биоиндикации и биотестирования определяется присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, т.е. обнаружение и определение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ [32]. Таким образом, применение биологических методов для оценки среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. Методом биоиндикации с использованием подходящих индикаторных организмов в определенных условиях может осуществляться качественная и количественная оценка (без определения степени загрязнения) эффекта антропогенного и естественного влияния на окружающую среду. Биотестирование и биоиндикация не заменяют друг друга, а по мере необходимости только дополняют друг друга и являются основными элементами биологического мониторинга состояния окружающей среды.

В целях биомониторинга используются генетические, биохимические и физиологические нарушения хромосом, биомембран, органелл, обмена веществ (белков и аминокислот, углеводов, включая фотосинтез; липидов, минерального и энергетического обменов); активности ферментов и гормонов; морфологические, анатомические, биоритмические и поведенческие отклонения; флористические, фаунистические, популяционно-динамические, биогеоценотические и, наконец, ландшафтные изменения.

Наиболее часто в качестве биоиндикаторов выступают [30]:

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

Растения-биоиндикаторы могут реагировать на загрязнение атмосферы острыми или хроническими реакциями (табл. 9). Острые реакции проявляются через опадание листьев, цветов и плодов, свертывание листьев, искривление стеблей. Острые реакции наблюдаются при кратковременном воздействии на растение большой дозы загрязняющего вещества. Хронические реакции выражаются в замедлении или прекращении роста

растения, и наблюдаются при долговременном воздействии малых доз загрязнителя.

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

Таблица 9

## Биоиндикаторы вредных веществ в воздухе [34]

Загрязняющие вещества	Биоиндикаторы	Симптомы
HF	Гладиолус, тюльпан, ирис, петрушка	Некрозы верхушек и краев листьев
O <sub>3</sub>	Табак, шпинат, соя	Ожог поверхности листа, заболевание и гибель
Пероксиацетилнитрат (компонент смога)	Крапива, мятлик	Полосчатые некрозы на нижней стороне листа
SO <sub>2</sub>	Люцерна, гречиха, подорожник, горох, клевер	Межжилковые хлорозы и некрозы
NO <sub>2</sub>	Шпинат, махорка, сельдерей	Межжилковые некрозы
Cl <sub>2</sub>	Шпинат, фасоль, салат, петуния, томат	Побледнение листьев. Деформация хлоропластов
Фторид-ионы, ионы тяжелых металлов	Каштан, горчица, капуста, полевица	Накопление в сухом веществе
Фтор газообразный	Хвойная растительность	Хлорозы, некрозы, угнетение фотосинтеза
Сочетание вредных веществ в воздухе SO <sub>2</sub> , HCl, NO <sub>2</sub> , HF	Хвойная растительность	Снижение содержания хлорофиллов, уменьшение возраста живых игл, задержка роста, угнетение

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

4. *Почвенная биота* (беспозвоночные, сине-зеленые водоросли, грибы, бактерии и др.) используется как биоиндикатор при оценке характера и интенсивности загрязнения почв. Если почва загрязнена малотоксичными органическими веществами, то в ней интенсивно развиваются и функционально активизируются микроорганизмы – редуценты. А в почвах, загрязненных токсичными неорганическими веществами (в особенности – тяжелыми металлами и хлорорганическими соединениями), биологическая активность резко снижена.

5. *Состояние здоровья человека* тоже может являться объектом биоиндикации. В этом случае об изменениях в качестве окружающей среды судят по таким медико-статистическим параметрам.

### **3.7. Мониторинг геосистем**

Рассмотренные выше виды мониторинга позволяют выполнить оценку состояния отдельных компонентов природы. Они организационно и методически слабо связаны между собой, поскольку функционируют разрозненно во времени и в пространстве. Таким образом, для оценки состояния природной среды в целом, необходимо исследование целостных природных образований – геосистем и экосистем. На решение этой проблемы нацелена организация геосистемного (ландшафтно-экологического) мониторинга [11, 16].

Геосистемы (природные комплексы, ландшафты) – это сочетания взаимосвязанных природных компонентов и соподчиненных комплексов, относительно ограниченные в пространстве и функционирующие как одно единое целое.

Экосистемы – это совокупности живых организмов и среды их обитания, которые, взаимодействуя между собой, образуют единые сочетания [10].

Несмотря на определенные различия, геосистемы и экосистемы во многом сходны между собой. Это сложные целостные образования, обладающие общим набором компонентов природы, полиструктурностью, многообразием внешних и внутренних связей, динамичностью состояний, способностью к саморегулированию, иерархичностью.

В настоящее время под влиянием антропогенных факторов почти все современные геосистемы и экосистемы претерпели те или иные изменения. Поэтому в качестве основных объектов природопользования выступают природно-антропогенные комплексы. В качестве локальных природно-антропогенных комплексов рассматриваются такие объекты, как сельскохозяйственные поля, мелиоративные системы, рекреационные уголья, небольшие населенные пункты и т.п. Подобные объекты тесно взаимодействуют друг с другом, образуя территориальные сочетания как локального, так и регионального уровней. В качестве таких сочетаний выступают крупные города, агломерации, сельскохозяйственные и рекреационные районы, промышленные узлы и районы и т.п.

Состояние и изменение геосистем и экосистем могут быть описаны большим числом показателей. Исходя из важнейшего свойства этих объектов – целостности, предпочтение отдается комплексным признакам, интегрирующим максимальное число частных параметров.

Одним из важнейших комплексных показателей состояния и изменения природных систем выступает интенсивность и сбалансированность в них обмена веществ и энергии (геометаболизм). Об интенсивности или скорости обмена веществ можно судить по отношению всей массы ежегодной биологической продукции гео- и экосистем к их общей биомассе. В качестве комплексных критериев оценки состояния природных систем могут быть использованы: показатель их естественной способности к самоочищению – отношение количества вынесенных загрязнителей к количеству внесенных в ландшафт за тот же период, отношение мертвого органического вещества к суммарному опадку и другие критерии. Для городских и сельских поселений в оценку состояния геосистем включают показатели здоровья населения [16, 18].

И.П. Герасимов предложил комплексный показатель – предельно допустимая нагрузка (ПДН) на ландшафты, интегрирующий различные свойства природных систем (в том числе их устойчивость и способность к самоочищению). Его определение требует учета антропогенных и естественных факторов изменения среды, изучения трофических связей и интенсивности биологического круговорота веществ [35].

Однако существующие комплексные критерии не могут в полной мере отразить состояние таких сложных образований, какими являются геосистемы и экосистемы. Методы расчета комплексных показателей адекватно отражающих происходящие в геосистемах и экосистемах изменения под влиянием антропогенных нагрузок пока еще находятся на стадии разработок. Поэтому для оценки состояния гео- и экосистем наряду с ком-

плексными широко используются покомпонентные показатели. Они должны применяться с учетом естественной дифференциации природной среды, то есть существования естественных границ природных комплексов.

Осуществление геоэкологического мониторинга связано с проведением наземных стационарных наблюдений и использованием дистанционных исследований. Наземные наблюдения ведутся на специально организованных стационарах, которые представляют собой постоянные участки (площадки) и профили, заложенные в типичных физико-географических условиях с учетом характерных для данной территории направления и степени антропогенного изменения ландшафтов. Наблюдения проводятся как в условиях естественных (слабо измененных) комплексов, так и на территориях, подвергающихся типичному для данного региона хозяйственному воздействию. Основная цель стационаров это длительное углубленное изучение изменения структуры, функционирования и динамики природных систем. Наблюдения ведутся с применением различных измерительных приборов по специальной программе и методике, включающей исследование теплового и водного баланса систем, их гидротермического режима, миграции химических элементов, динамики почвенных и биотических процессов, биологической продуктивности. Большое внимание уделяется слежению за состоянием основных компонентов геосистем и экосистем. С этой целью в их границах проводятся регулярные наблюдения за ходом геоморфологических процессов, метеорологических величин и явлений, элементов водного баланса (стока, испарения и др.), содержанием и распределением химических элементов (в снеге, почвах, растительном покрове), изменением свойств почв, динамикой фитоценозов (особенно за сукцессиями, интенсивностью продукционного процесса и др.), динамикой животного населения (прежде всего видов-индикаторов). Они должны выполняться сопряженно с помощью методов, принятых в соответствующих научных дисциплинах.

Широко используется дистанционный (особенно космический) метод наблюдения. Он позволяет получить оперативную информацию о состоянии геоэкологической системы, выявить антропогенные изменения, установить закономерности их динамики во времени и пространстве [14, 15].

При геоэкологическом мониторинге выделяют три основных этапа процесса мониторинга: а) обследование территории и выбор объектов наблюдений; б) проведение мониторинговых наблюдений и оценка их результатов; в) моделирование состояний геосистем и экосистем и прогнозирование их изменений при различных режимах природопользования [16].



На первом этапе проводится комплексное обследование района предстоящих наблюдений с изучением источников антропогенного воздействия и зоны их влияния на природную среду. В процессе исследований выявляются факторы, определяющие изменения природных систем, направление, степень и пространственные масштабы трансформации, выделяются комплексы, нуждающиеся в защите. В результате обследования и картографирования территории определяются конкретные участки, на которых затем проводятся мониторинговые наблюдения. На каждый участок составляется крупномасштабная ландшафтная карта и характеристики доминантных комплексов, отражающие их исходное состояние.

Основное содержание второго этапа мониторинга – наземные стационарные наблюдения и ежегодное аэрокосмическое обследование выбранных ранее участков. Результаты наблюдений и обследования используются для оценки изменения природной среды и составления оперативных карт состояния природных и природно-антропогенных комплексов на момент исследования. Оценка изменения среды состоит в определении отклонений наблюдаемых характеристик от их нормальных величин и установления ущерба от антропогенной деятельности с целью разработки мероприятий по улучшению экологической ситуации.

На третьем этапе строятся модели функционирования природных и природно-антропогенных систем и прогнозируется их состояние при различных режимах природопользования. Основная задача прогнозирования состоит в выявлении направления, степени, скорости и пространственных масштабов предстоящих изменений природных комплексов под влиянием антропогенных и естественных факторов. Для ее решения строятся различные по сложности модели и используются адекватные им методы составления прогнозов.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Как осуществляется мониторинг атмосферного воздуха?*
- 2. По какому признаку выделяются категории постов наблюдений при мониторинге атмосферного воздуха?*
- 3. За какими поллютантами ведется контроль при мониторинге атмосферного воздуха?*
- 4. Какие вы знаете категории постов стационарной сети наблюдений мониторинга вод суши?*
- 5. Как располагают посты наблюдений при мониторинге рек, озер и водохранилищ?*

6. *За какими поллютантами ведется контроль при мониторинге вод суши?*
7. *Как осуществляется мониторинг морей и океанов?*
8. *Какие вы знаете категории постов наблюдений мониторинга морей и океанов?*
9. *Как осуществляется мониторинг почвенного покрова?*
10. *Роль аэрокосмического метода при мониторинге почв?*
11. *За какими поллютантами ведутся наблюдения при мониторинге почв?*
12. *Как осуществляется мониторинг за литосферой?*
13. *За какими процессами ведутся наблюдения при литомониторинге?*
14. *Какие методы преимущественно используют при литомониторинге?*
15. *Что такое биомониторинг и как он осуществляется?*
16. *По какому принципу выделяют уровни биомониторинга?*
17. *В чем сущность геоэкосистемного мониторинга?*
18. *Каким образом должен осуществляться мониторинг геоэкосистем?*
19. *Как осуществляется мониторинг за атмосферным воздухом?*
20. *По какому признаку выделяются категории постов наблюдений при мониторинге атмосферного воздуха?*
21. *За какими загрязняющими веществами ведется контроль при мониторинге атмосферного воздуха?*
22. *Какие вы знаете категории постов стационарной сети наблюдений мониторинга вод суши?*
23. *Как располагают посты наблюдений при мониторинге рек, озер и водохранилищ?*
24. *За какими поллютантами ведется контроль при мониторинге вод суши?*
25. *Как осуществляется мониторинг морей и океанов?*
26. *Какие вы знаете категории постов наблюдений мониторинга морей и океанов?*
27. *Как осуществляется мониторинг почвенного покрова?*
28. *Роль аэрокосмического метода при мониторинге почв?*
29. *За какими поллютантами ведутся наблюдения при мониторинге почв?*
30. *Как осуществляется мониторинг за литосферой?*
31. *За какими процессами ведутся наблюдения при литомониторинге?*

32. *Какие методы преимущественно используют при литомониторинге?*
33. *Что такое биомониторинг и как он осуществляется?*
34. *По какому принципу выделяют уровни биомониторинга?*
35. *В чем сущность геоэкологического мониторинга?*
36. *Каким образом должен осуществляться мониторинг геоэкологических систем?*

## **4. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

### **4.1. Основы законодательства Российской Федерации в области экологического мониторинга**

В Законе РФ «Об охране окружающей природной среды» экологический мониторинг трактуется как одна из составных частей экологического контроля и осуществляется государственной службой наблюдения за состоянием окружающей природной среды «с целью наблюдения за происходящими в ней физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир». Статьей 71 Закона предусмотрено осуществление производственного экологического контроля, одной из задач которого является «выполнение планов и мероприятий по соблюдению нормативов качества окружающей природной среды». Решение такой задачи без выполнения экологического мониторинга представляется достаточно проблематичным.

По мере совершенствования природоохранного законодательства Российской Федерации требования к проведению экологического мониторинга постоянно конкретизировались.

*Законом Российской Федерации «О недрах»* (в редакции Федерального закона от 3.03.1995 № 27–ФЗ) предусмотрен ряд требований к пользователям недр – к юридическим лицам, получившим лицензию на право пользования недрами. В лицензию на пользование недрами включаются в обязательном порядке условия выполнения установленных законодательством, стандартами (нормами, правилами) требований по охране недр и окружающей природной среды, безопасному ведению работ, а также порядок и сроки подготовки проектов ликвидации или консервации горных выработок, скважин и рекультивации нарушенных земель.

В соответствии со ст. 22 Закона «О недрах» пользователь недр обязан обеспечить безопасное ведение работ, связанных с использованием недр, соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов, норм, правил, регламентирующих условия охраны недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод от вредного влияния работ, связанных с использованием недр; приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недр, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования. В состав основных требований по рациональному использованию и охране недр включены предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с использованием недр, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод, предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого и промышленного водоснабжения, и т.д.

В число требований по безопасному ведению работ, связанных с использованием недр, Законом включены систематический контроль за состоянием рудничной атмосферы, содержанием в ней кислорода, вредных и взрывоопасных газов и пылей; осуществление специальных мероприятий по прогнозированию и предупреждению внезапных выбросов газов, прорывов воды, по прогнозированию полезных ископаемых и пород, а также предупреждению горных ударов; разработка и проведение мероприятий, обеспечивающих охрану работников предприятий, ведущих работы по использованию недр, и населения, проживающего в зоне влияния указанных работ, от вредного влияния этих работ в их нормальном режиме и при возникновении аварийных ситуаций. При возникновении непосредственной угрозы жизни и здоровью населения в зоне влияния работ по использованию недр руководители соответствующих предприятий обязаны незамедлительно информировать об этом соответствующие органы государственной власти и органы местного самоуправления.

*Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха»* (от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ) предусмотрено проведение только государственного мониторинга атмосферного воздуха, который осуществляют органы государственной власти Российской Федерации и органы государственной власти субъектов Российской Федерации. Статьей 9 Закона предусмотрено, что «юридические лица, имеющие источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, а также вредного физического воздействия на атмосферный воздух, разрабатывают и осуществляют» мероприятия по охране атмосферного воздуха, которые не должны приводить к

загрязнению других объектов окружающей природной среды. В состав таких мероприятий может входить мониторинг атмосферного воздуха и источников его загрязнения.

В составе требований охраны атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности законом предусмотрены не превышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими и строительными нормами и правилами и учет фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха, прогноз изменения его качества при осуществлении хозяйственной деятельности, что также предполагает организацию системы экологического мониторинга в районах хозяйственной деятельности.

Законом запрещаются размещение и эксплуатация объектов хозяйственной и иной деятельности, которые не имеют предусмотренных правилами охраны атмосферного воздуха установок очистки газов и средств контроля за выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Статья 23 Закона предусматривает обязательность проведения мониторинга атмосферного воздуха для ограниченного круга хозяйственных объектов, владельцы которых по закону должны осуществлять мониторинг атмосферного воздуха. Перечень таких объектов устанавливают территориальные органы МПР России совместно с территориальными органами Росгидромета. Как правило, к таким объектам относятся крупные источники загрязнения атмосферного воздуха (ТЭЦ, металлургические комбинаты и др.) или предприятия, выбрасывающие в воздух особо токсичные вещества.

Законом «Об охране атмосферного воздуха» предусмотрено, что юридические лица, которые имеют источники вредных химических, биологических и физических воздействий на атмосферный воздух, осуществляют производственный контроль за охраной атмосферного воздуха и назначают лиц, ответственных за проведение производственного контроля за охраной атмосферного воздуха, или организуют экологические службы (ст. 25 Закона). Сведения о лицах, ответственных за проведение производственного контроля за охраной атмосферного воздуха, и об организации экологических служб, а также результаты производственного контроля за охраной атмосферного воздуха представляются в территориальные органы МПР России. Как правило, осуществление производственного контроля предполагает проведение мониторинга источников загрязнения атмосферы и качества атмосферного воздуха на промплощадке и на границе санитар-

но-защитной зоны предприятия с применением средств инструментального контроля по программам и планам–графикам, согласованным с территориальными природоохранными органами и органами санитарно–эпидемиологического надзора.

Кроме того, согласно ст. 30 Закона «юридические лица, имеющие стационарные источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, обязаны:

- осуществлять мероприятия по предупреждению и устранению аварийных выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, а также по ликвидации последствий его загрязнения;

- осуществлять учет выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников, проводить производственный контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;

- обеспечивать соблюдение режима санитарно–защитных зон объектов хозяйственной и иной деятельности, оказывающих вредное воздействие на атмосферный воздух;

- немедленно передавать информацию об аварийных выбросах, вызвавших загрязнение атмосферного воздуха, которое может угрожать или угрожает жизни и здоровью людей либо нанесло вред здоровью людей и (или) окружающей природной среде, в государственные органы надзора и контроля».

В *Водном кодексе Российской Федерации* (от 16.11.1995 № 167-ФЗ) сформулировано понятие государственного мониторинга водных объектов как системы регулярных наблюдений за гидрологическими или гидрогеологическими и гидрохимическими показателями их состояния, обеспечивающей сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых водоохранных мероприятий. Кроме того, кодексом определены следующие обязанности водопользователей:

- рационально использовать водные объекты, соблюдать условия и требования, установленные в лицензии на водопользование и договоре пользования водным объектом;

- не допускать ухудшения качества поверхностных и подземных вод, среды обитания объектов животного и растительного мира, а также нанесения ущерба хозяйственным и иным объектам;

- информировать в установленном порядке соответствующие органы государственной власти об аварийных и иных чрезвычайных ситуациях, влияющих на состояние водных объектов;

- своевременно осуществлять мероприятия по предупреждению и устранению аварийных и других чрезвычайных ситуаций, влияющих на состояние водных объектов;

- вести в установленном порядке учет забираемых, используемых и сбрасываемых вод, количества загрязняющих веществ в них, а также систематические наблюдения за водными объектами, их водоохранными зонами и представлять указанную информацию бесплатно и в установленные сроки в государственный орган управления использованием и охраной водного фонда;

- соблюдать установленный режим использования водоохраных зон.

Кроме того, Водным кодексом Российской Федерации предусмотрен целый ряд дополнительных требований к охране водных объектов при осуществлении отдельных видов хозяйственной деятельности (в том числе при пользовании участками недр), соблюдение которых предполагает получение количественной информации о водных объектах, т.е. осуществление мониторинга водных объектов.

*Земельным кодексом Российской Федерации* (от 30.10.2001) предусмотрено, что собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками земельных участков, обязаны:

- использовать земельные участки в соответствии с их целевым назначением и принадлежностью к той или иной категории земель и разрешенными способами, которые не должны наносить вред окружающей среде, в том числе земле как природному объекту;

- осуществлять мероприятия по охране земель, соблюдать порядок пользования лесами, водными и другими природными объектами;

- соблюдать при использовании земельных участков требования градостроительных регламентов, строительных, экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и иных правил, нормативов;

- не допускать загрязнение, захламление, деградацию и ухудшение плодородия почв на землях соответствующих категорий.

Несмотря на то, что *Земельным кодексом Российской Федерации* предусмотрено ведение только государственного мониторинга земель (на федеральном, региональном и локальном уровнях), ст. 73 Кодекса введено понятие производственного земельного контроля, который осуществляется собственником земельного участка, землепользователем, землевладельцем, арендатором земельного участка в ходе осуществления хозяйственной дея-

тельности на земельном участке. Лицо, использующее земельный участок, обязано представить сведения об организации производственного земельного контроля в специально уполномоченный орган государственного земельного контроля в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Очевидно, что производственный земельный контроль предполагает осуществление постоянного мониторинга земель.

*Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» (1998)* предусмотрено, что «индивидуальные предприниматели и юридические лица при эксплуатации предприятий, зданий, строений, сооружений и иных объектов, связанной с обращением с отходами, обязаны проводить мониторинг состояния окружающей природной среды на территориях объектов размещения отходов» (ст. 11). Требованиями закона к объектам размещения отходов (ст. 12) предусмотрено, «что на территориях объектов размещения и в пределах их воздействий на окружающую природную среду собственники объектов размещения отходов, а также лица, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, обязаны проводить мониторинг состояния окружающей природной среды в порядке, установленном специально уполномоченными федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами в соответствии со своей компетенцией». Такой порядок в настоящее время установлен только для объектов размещения твердых бытовых отходов (СанПиН 2.1.7.722–98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов», раздел 7 «Санитарно-гигиенический контроль за эксплуатацией полигона ТБО. Система мониторинга»). Кроме того, собственники объектов размещения отходов, а также лица, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, после окончания эксплуатации данных объектов обязаны проводить контроль за их состоянием и воздействием на окружающую природную среду и работы по восстановлению нарушенных земель в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Согласно ст. 26 закона «юридические лица, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами, организуют и осуществляют производственный контроль за соблюдением требований законодательства Российской Федерации в области обращения с отходами». Порядок такого производственного контроля определяют сами юридические лица, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами по согласованию со специально уполномоченными федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами. Этим порядком может быть предусмотрено проведение инструментального мониторинга объек-



тов размещения отходов и объектов окружающей природной среды в том случае, если на них имеется вредное воздействие.

*Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»* (от 21.12.1994 № 68–ФЗ) предусмотрено, что организации, эксплуатирующие потенциально опасные объекты, обязаны осуществлять следующие мероприятия в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций:

- планировать и осуществлять необходимые меры по защите работников и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций;

- планировать и проводить мероприятия по повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников организаций в условиях чрезвычайных ситуаций;

- создавать и поддерживать в постоянной готовности локальные системы оповещения о чрезвычайных ситуациях;

- предоставлять в установленном порядке информацию в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также оповещать работников организаций об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций.

Требования к организациям, осуществляющим деятельность в области мониторинга загрязнений окружающей среды, содержатся в *Федеральном законе «О гидрометеорологической службе»* (от 19.07.1998 № 113–ФЗ). Так, законом предусмотрено, что деятельность в области гидрометеорологии и смежных с ней областях осуществляется физическими и юридическими лицами на основании лицензий, выдаваемых в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Выпуск экстренной информации осуществляют только специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях и его территориальные органы.

Законом предусмотрено, что участники гидрометеорологической деятельности обязаны соблюдать законодательство Российской Федерации о стандартизации, сертификации продукции и услуг, об обеспечении единства измерений, в том числе требования, установленные специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, при проведении наблюдений за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнением, за сбором, обработкой, хранением и распространением информации о состоянии ок-

ружающей природной среды, ее загрязнении, а также при получении информационной продукции.

Информация о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении и информационная продукция являются открытыми и общедоступными, за исключением информации, отнесенной законодательством Российской Федерации к категории ограниченного доступа. Информация общего назначения относится к федеральным информационным ресурсам в области гидрометеорологии.

В соответствии с Федеральным законом «О гидрометеорологической службе» юридические лица, независимо от организационно-правовых форм, осуществляющие сбор информации о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении, обязаны представлять данную информацию в специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Юридические лица, осуществляющие сбор информации о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении, обязаны в установленном порядке незамедлительно представлять в Росгидромет информацию о чрезвычайных ситуациях техногенного характера, которые оказали, оказывают, могут оказать негативное воздействие на окружающую природную среду.

Требования законодательства необходимо учитывать при разработке систем экологического мониторинга и процедур ее взаимодействия с государственными органами управления и контроля.

#### **4.2. Нормативно-правовые основы экологического мониторинга России**

Национальный мониторинг России в настоящее время включает три вида мониторинга: санитарно-гигиенический, экологический, климатический [36].

Мониторинг окружающей среды (экологического мониторинг), согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (1992), состоит из государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды, государственного, производственного, общественного контроля.

В России действует *Единая государственная система экологического мониторинга* (ЕГСЭМ). 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 ре-

гионов, ведения государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и экосистем, природных ресурсах, источниках антропогенного воздействия.

Основными задачами ЕГСЭМ являются:

- проведение наблюдений за изменением состояния окружающей среды и экосистемами, источниками антропогенных воздействий с определенным пространственным и временным разрешением;
- проведение оценок состояния окружающей среды, экосистем территории страны, источников антропогенного воздействия;
- прогноз состояния окружающей среды, экологической обстановки на территории России и ее регионов, уровней антропогенного воздействия при различных условиях размещения производительных сил, социальных и экономических сценариях развития страны и ее регионов.

В соответствии с основными задачами в 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.

В России Единая государственная система экологического мониторинга создана на основе территориально-ведомственного принципа построения, предусматривающего максимальное использование возможностей существующих государственных и ведомственных систем мониторинга состояния окружающей среды, источников антропогенного воздействия, природных ресурсов, экосистем.

В ЕГСЭМ выделяются базовые и специализированные подсистемы мониторинга и подсистемы обеспечения функционирования системы в целом. Базовые подсистемы создаются на основе служб наблюдения состояния природных сред и природных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих мониторинг: состояния 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; земель, почвенного покрова; наземной флоры и фауны (кроме лесов); лесов; фонового состояния окружающей природной среды; источников антропогенного воздействия.

Специализированные подсистемы функционируют на базе служб наблюдений федеральных органов исполнительной власти и осуществляют мониторинг: промышленной безопасности; рыб, других водных животных и растений; воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья

населения (в рамках системы социально-гигиенического мониторинга); околоземного космического пространства; военных объектов.

Руководство подсистемами осуществляют специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти в соответствии с распределением функций, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.11.93 № 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.

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.

ЕГСЭМ функционирует на четырех основных уровнях: федеральном, региональном (бассейновом), субъектов Российской Федерации (территориальный уровень), локальном.

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

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.

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.

Системы мониторинга России тесно взаимосвязаны с международным мониторингом, который осуществляется в рамках Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) и охватывает национальные и региональные (межнациональные) системы мониторинга.

С позиции Российского права, экологический мониторинг является составной частью экологического контроля, который является важным звеном организационно-правового механизма охраны природной среды. В задачи экологического контроля входит: контроль соблюдения предприятиями и организациями требований законодательства об охране природы и выполнение мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов. Выполнение этих задач предполагает осуществление государственного, общественного и производственного контроля, каждый из которых имеет свои специфические функции и адекватные им средства их реализации [36, 37].

Со стороны государства экологический контроль осуществляется представительными и исполнительными органами государственной власти и специально уполномоченными государственными органами в области охраны природной среды.

Производственный контроль должен осуществляться экологической службой предприятия, учреждения, организации. Цель данного вида контроля – проверка соблюдения нормативов качества природной среды, выполнения требований экологического законодательства, планов и мероприятий по охране природы и оздоровлению природной среды. Производственный или внутриведомственный контроль организуется собственником или владельцем предприятия. Руководитель предприятия может возлагать обязанности по охране природной среды на отдельные должностные лица предприятия, создавать специальную службу или лабораторию по охране природной среды, устанавливать систему поощрений и наказаний в области охраны природной среды, принимать иные меры контроля и воздействия для обеспечения выполнения экологического законодательства.

Общественный контроль осуществляется общественными объединениями, органами местного самоуправления и гражданами. Порядок общественного контроля регулируется Законом Российской Федерации «Об общественных объединениях» от 19 мая 1995 г. № 82.

В соответствии с Законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 г. № 2060-1 и Законом Республики Татарстан «Об охране окружающей природной среды» от

12 февраля 1997 г. № 1040, организация экологического мониторинга, создание и обеспечение работы государственной службы наблюдения за состоянием окружающей среды относятся к компетенции специально уполномоченных органов Российской Федерации и Республики Татарстан в области охраны окружающей среды [40, 41].

Правовую основу экологического мониторинга в России составляет постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. № 1229 «О создании Единой государственной системы экологического мониторинга». Согласно этого постановления, общее руководство деятельностью Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) возложено на Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации (ныне Министерство природных ресурсов РФ<sup>1</sup>). Этим директивным документом также разграничены задачи и функции между федеральными специально уполномоченными государственными органами в области охраны природной среды (табл. 10).

Таблица 10

Распределение функций ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти

Федеральный орган	Функции
1	2
Минприроды России	<ul style="list-style-type: none"> <li>– координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга окружающей природной среды;</li> <li>– организация мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду и зон их прямого воздействия;</li> <li>– организация мониторинга животного и растительного мира, мониторинг наземной фауны и флоры (кроме лесов);</li> <li>– обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем;</li> <li>– ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей природной среде, природных ресурсах и их использовании</li> </ul>

Продолжение табл. 10

<sup>1</sup> Названия министерств и ведомств даны по состоянию на начало 2001 г.

1	2
Росгидромет	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организация мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, комплексного фонового и космического мониторинга состояния окружающей природной среды;</li> <li>координация развития и функционирования ведомственных подсистем фонового мониторинга загрязнения окружающей природной среды;</li> <li>– ведение государственного фонда данных о загрязнении окружающей природной среды</li> </ul>
Роскомзем	– мониторинг земель
Роскомнедра	– мониторинг недр (геологической среды), включая мониторинг подземных вод и опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов
Роскомрыболовство	– мониторинг рыб, других водных животных и растений
Рослесхоз	– мониторинг лесов
Роскомвод	– мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водосбора и сброса сточных вод
Роскартография	– осуществление топографо-геодезического и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем
Госгортехнадзор России	<ul style="list-style-type: none"> <li>– координация развития и функционирования подсистем мониторинга геологической среды, связанных с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности;</li> <li>– мониторинг обеспечения промышленной безопасности (за исключением объектов Минобороны и Минатома России)</li> </ul>
Госкомсанэпиднадзор России	– мониторинг воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения
Минобороны России	<ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинг окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах;</li> <li>– обеспечение безопасности ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения</li> </ul>

1	2
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 окружающей природной среды
Минатом России, Минсельхоз России, Минтопэнерго России, Роскоммаш, Государственный комитет Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности, Роскомхимнефтепром, Роскомметаллургия	– координация деятельности подведомственных предприятий и организаций отрасли (независимо от форм собственности) в области мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду

Во исполнение этого постановления Правительства РФ Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 17 декабря 1993 г. издало Приказ № 265 «О выполнении постановления Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. № 1229». Также действует приказ Минприроды РФ «Об организации работ по созданию Единой сети государственной системы экологического мониторинга» от 27 апреля 1994 года № 121.

В Республике Татарстан в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан (КМ РТ) от 24 февраля 1994 г. № 74 создана Единая государственная система мониторинга Республики Татарстан (ЕГСМ РТ). ЕГСМ РТ определяется как государственная система наблюдений, измерений, контроля, оценки и прогноза состояния окружающей среды. ЕГСМ РТ предназначена для объективного информационного обеспечения органов государственного управления РТ и общественности данными об экологической обстановке на территории республики. ЕГСМ РТ предусматривает свободный информационный обмен с ЕГСЭМ РФ и Единой информационной системой Республики Татарстан (ЕИС РТ).

ЕГСМ РТ была создана на базе существующих государственных систем наблюдения и контроля состояния природной среды:



– контрольно-инспекционной службы Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Республики Татарстан (Минприроды РТ);

– государственной системы наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета (наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, качеством поверхностных вод, химическим составом атмосферных осадков, загрязнением снежного покрова, радиационным фондом, загрязнением почв);

– системы мониторинга лесного фонда;

– системы агрохимических наблюдений и мониторинга загрязнения сельскохозяйственных земель;

– системы мониторинга геологической среды;

– системы санитарного контроля качества среды обитания и здоровья населения;

– других систем наблюдения и контроля, создаваемых ведомствами для информационного обеспечения решения задач, стоящих перед ними.

Согласно постановлению КМ РТ о создании ЕГСМ РТ, координация работ по созданию, обеспечению функционирования и развитию ЕГСМ РТ возложена на Минприроды РТ. Этим директивным документом также разграничены функции между специально уполномоченными государственными органами в области охраны природной среды (табл. 11).

Таблица 11

Распределение функций ЕГСМ РТ между органами государственного управления Республики Татарстан и организациями

Республиканский орган	Выполняемые функции
1	2
Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Республики Татарстан	<p>– координация работ по созданию, обеспечению функционирования и развития Единой системы мониторинга окружающей среды Республики Татарстан (ЕГСМ РТ) и сопряжение ее с общероссийской инфраструктурой ЕГСЭМ;</p> <p>– организация республиканского информационно-аналитического центра мониторинга окружающей среды (РИАЦ МОС) Республики Татарстан;</p> <p>– управление Единой системой мониторинга окружающей среды Республики Татарстан (организация сети информационно-аналитических связей с региональными и отраслевыми информационно-аналитическими центрами мониторинга объектов окружающей среды);</p> <p>– мониторинг и прогнозирование флоры и фауны</p>

1	2
Татарский республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинг и прогнозирование состояния атмосферы, поверхностных вод, почв, околоземного космического пространства</li> <li>комплексный фоновый и космический мониторинг состояния окружающей природной среды;</li> <li>– координация развития и функционирования ведомственных подсистем фонового мониторинга загрязнения окружающей природной среды;</li> <li>– ведение государственного фонда данных мониторинга загрязнения природной среды</li> </ul>
Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан	– мониторинг и прогнозирование состояния лесов
Государственный комитет Республики Татарстан по земельным ресурсам и земельной реформе	– мониторинг и прогнозирование состояния земель
Министерство здравоохранения Республики Татарстан	<ul style="list-style-type: none"> <li>– медико-биологический мониторинг и социально-гигиенический (совместно с ГК СЭН)</li> <li>– мониторинг и прогнозирование состояния здоровья населения в аспекте состояния окружающей природной и социально-экономической окружающей сред</li> </ul>
Государственный комитет Республики Татарстан санитарно-эпидемиологического надзора	<ul style="list-style-type: none"> <li>– санитарно-эпидемиологический мониторинг и прогнозирование санитарного состояния окружающей среды;</li> <li>– социально-гигиенический мониторинг (совместно с Минздравом Республики Татарстан)</li> </ul>
Татарская республиканская комиссия по запасам полезных ископаемых	<ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинг геологической природной среды и геоэкологический прогноз;</li> <li>– ведение государственного геологического фонда;</li> <li>– мониторинг и прогнозирование состояния подземных вод;</li> <li>– комплексный мониторинг рационального использования подземных вод</li> </ul>
Татарская республиканская инспекция по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства	– мониторинг и прогнозирование промысла и воспроизводства биологических объектов водной среды
Управление охотничьего хозяйства при Кабинете министров Республики Татарстан	– мониторинг и прогнозирование промысла и воспроизводства биологических объектов в охотничьем хозяйстве
Приволжский округ Государственного горно-технического надзора	<ul style="list-style-type: none"> <li>– координация развития и функционирования подсистем мониторинга геологической среды, связанных с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности;</li> <li>– мониторинг обеспечения промышленной безопасности (за исключением объектов Минобороны России и Минатома)</li> </ul>

1	2
Центр социальных проблем Республики Татарстан	– социально-экономический мониторинг и прогнозирование условий жизни в Республике Татарстан (политическая обстановка, состояние экономики, условия труда, отдыха и быта, социального обеспечения)
Отдел комплексного использования водных ресурсов Республики Татарстан Средне-Волжского бассейнового водохозяйственного объединения	– мониторинг водной среды, водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод комплексный мониторинг рационального использования поверхностных вод
Академия наук Республики Татарстан	– научная и экономическая экспертиза государственных и региональных программ
Ведомственные, отраслевые и частные предприятия и организации	– мониторинг факторов техногенного воздействия на природную среду (независимо от форм собственности)

Важной частью ЕГСМ РТ является организация наблюдений и контроля за состоянием атмосферного воздуха [22]. Основные задачи ЕГСМ РТ:

- полное, достоверное и своевременное отображение состояния объектов и динамики процессов в атмосферном воздухе;
- оперативный анализ, систематизация и прогнозирование состояния атмосферного воздуха;
- прогнозирование чрезвычайных ситуаций, разработка рекомендаций по предупреждению неблагоприятных экологических ситуаций и сценариев действий при их возникновении;
- контроль фонового состояния атмосферного воздуха и выявление источников антропогенного воздействия;
- развитие сети наблюдений и контроля за состоянием атмосферного воздуха с учетом физико-географических особенностей территории РТ и специфики объектов мониторинга;
- упорядочение и стандартизация информационных аспектов в области мониторинга атмосферного воздуха;
- нормативное, научно-практическое и информационное согласование мониторинга в РТ с соседними республиками, областями и на международном уровне.

Руководители основных производственных объединений республики привлекаются к решению вопроса о долевом финансировании приобретения аналитических станций, программ создания сети контроля за состоянием атмосферного воздуха в крупных городских агломерациях в рамках создания единой системы мониторинга окружающей среды РТ.

В функции Минприроды РТ входит контроль за состоянием природной среды, за происходящими в ней химическими, физическими и биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, а также за последствиями влияния этих процессов на природную и социальную среду. Эта обязанность отражена в Положении о Минприроды РТ, утвержденном постановлением Кабинета Министров РТ от 29 мая 1993 г. № 320.

Так, Центральная специализированная инспекция аналитического контроля Минприроды РТ (ЦСИАК) руководит деятельностью зональных специализированных инспекций аналитического контроля, организует контроль за соблюдением предприятиями-природопользователями нормативов выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в природную среду.

Основные задачи ЦСИАК:

– обеспечение подразделений Минприроды РТ необходимой аналитической информацией при осуществлении государственного контроля за источниками загрязнения природной среды;

– участие в работе комиссий по расследованию экстремально высоких загрязнений атмосферного воздуха, координация взаимодействия контролирующих служб при обнаружении и расследовании случаев экстремально высокого загрязнения и высокого загрязнения в части осуществления своевременного аналитического контроля и выдачи информации об уровнях загрязнения атмосферного воздуха;

– контроль за достоверностью данных, получаемых лабораториями промышленных предприятий по контролю промышленных выбросов в атмосферу.

ЦСИАК является базовым аналитическим методическим центром Минприроды РТ. В системе Минприроды РТ ЦСИАК аккредитована как базовая организация метрологической службы по количественному химическому анализу. ЦСИАК руководит деятельностью зональных СИАК и создает единую систему службы аналитического контроля за соблюдением предприятиями-природопользователями нормативов сбросов (выбросов) загрязняющих веществ в природную среду.

Аналитический контроль воздуха в системе Минприроды РТ в основном ориентирована на контроль промышленных выбросов предприятий. Контроль атмосферного воздуха осуществляется в случае экстремально высокого и высоко загрязнения и по жалобам населения.

Постановлением КМ РТ от 25 июля 1994 г. № 321 утверждено положение о ЕГСМ РТ в котором даны общие положения, основные задачи, организационная структура и распределение функций в ЕГСМ РТ, верхний,

средний и нижний уровни структуры ЕГСМ РТ, организация информационных потоков в системе, санкционирование информационного обмена и юридические аспекты, порядок создания и проведения разработок.

Постановлением КМ РТ от 17 февраля 1997 г. № 127 «Об утверждении целевых программ по охране и рациональному использованию природных ресурсов» утверждена целевая комплексная программа «Мониторинг окружающей природной среды Республики Татарстан». Основными программными мероприятиями данного документа являются:

- внедрение автоматизированных средств измерения поллютантов, загрязняющих природную среду РТ, анализа причин и прогноза последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным загрязнением природной среды;

- обеспечение создания систем аварийного оповещения о выбросах в природную среду и автоматизированного контроля выбросов на предприятиях с повышенной опасностью загрязнения среды токсичными химическими и радиоактивными веществами;

- организация информационно-аналитических центров министерств и ведомств РТ и обеспечение надежной взаимосвязи между собой и высшими органами власти;

- разработка рекомендаций по предупреждению неблагоприятных экологических ситуаций и сценариев действий при их возникновении, принятие управленческих решений.

Ожидаемые конечные результаты программы: информационное обеспечение принятия решений в области охраны природы, рационального природопользования и обеспечение экологической безопасности на территории РТ.

С учетом актуальности создания и ведения системы согласованных ситуационных карт в инфраструктуре ЕГСМ РТ, КМ РТ принял Постановление от 13 октября 2000 г. № 728 «О системе единых цифровых географических основ и согласованных форматов ситуационных карт для инфраструктуры ЕГСМ РТ» в целях полного, достоверного и своевременного отображения объектов и динамики процессов в природной среде.

За период с 1997 по 2000 гг. Правительством Российской Федерации в целях организации и развития мониторинга в России было принято ряд постановлений:

- 14 марта 1997 г. № 307 «Об утверждении положения о ведении государственного мониторинга водных объектов»;

- 20 мая 1999 г. № 555 «Об утверждении положения о Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»;

– 21 декабря 1999 г. № 1410 «О создании и ведении Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении»;

– 1 июня 2000 г. № 426 «Об утверждении положения о социально-гигиеническом мониторинге»;

– 23 августа 2000 г. № 622 «Об утверждении Положения о государственной службе наблюдения за состоянием окружающей природной среды»;

– 25 сентября 2000 г. № 726 «Об утверждении Положения о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации».

Существуют и другие источники регулирования общественных отношений и организации мониторинга природной среды, имеющие юридическую силу, как в Российской Федерации, так и в Республике Татарстан.

### **Контрольные вопросы**

*1. Что такое экологический контроль с позиции экологического права?*

*2. Что общего и в чем разница между государственным, общественным и производственным контролем?*

*3. Какие виды национального мониторинга РФ вы знаете?*

*4. Расскажите об основных принципах функционирования Единой государственной системы мониторинга в РТ.*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возникновение системы мониторинга связано с интенсивным преобразованием природной среды человеческим обществом, прежде всего с загрязнением атмосферы, гидросферы и почвенного покрова.

Создание единой системы экологического мониторинга вызвано необходимостью перехода от запаздывающих действий природоохранного характера к принятию опережающих решений и действий, т.е. к действиям предупредительного и управляющего характера.

Первоочередной задачей экологического мониторинга для принятия этих решений является получение необходимой информации. Этот этап очень ответственный, поскольку от достоверности и точности данных зависят конечные результаты процесса мониторинга. Необходимо также совершенствовать методику измерений, методы обработки данных, а также сами измерительные приборы.

При оценке экологической ситуации главной задачей становится выяснение сущности изучаемого объекта или явления. Процесс познания строится на эмпирических данных (результатах наблюдений и измерений) и необходимо логически увязать их с сущностью объекта и дать оценку его состояния. Но для того чтобы ответить на вопрос «В каком состоянии находится объект?», надо ответить на вопрос «Что есть норма для данного объекта?». Вопрос о норме экосистем – это дискуссионный вопрос и имеет неоднозначное толкование. Если придерживаться позиции экоцентризма, то норма для экосистемы это его первоначальное естественное состояние, то есть его первозданное состояние до вмешательства в нее человека. Как выяснить – как выглядела та или иная система первоначально и насколько это реально? Конечно, некоторую ясность может внести палеомониторинг, но многие вопросы пока остаются открытыми. Определение критерий нормального состояния экосистем, а также оценки естественных и преобразованных человеком систем, являются очень сложными. Эти проблемы рассматриваются в развивающейся параллельно экологическому мониторингу отрасли экологии, называемой экологическое нормирование.

Конечным этапом экологического мониторинга является составление прогнозов состояния природной среды для принятия управленческих решений. При этом необходимо учесть всевозможные (включая и случайные) изменения экосистем. Несмотря на то, что при экологическом мониторинге постановка задачи основывается на прошедшем статусе объекта или системы, реализация задачи должна происходить уже при измененном статусе.

Действия и регулирование экологических отношений в обществе должны быть закреплены законодательством. Нормативно-правовые акты должны пересматриваться для доработки и при необходимости приниматься новые и т.д. В учебном пособии освещены основные нормативно-правовые акты, касающиеся организации системы экологического мониторинга в Российской Федерации и Республике Татарстан, но в наше время невозможно решение экологических проблем только в пределах одного региона или страны, поскольку экологические проблемы по своим масштабам приобрели глобальный характер. Поэтому встал вопрос о необходимости организации Глобальной системы экологического мониторинга, которая должна обеспечить переход от условий постоянного опаздывания решений к опережению и прогнозу для всего человечества. Рассматривая экологический мониторинг как процесс познания и контроля причинно-следственных связей в природных и антропогенных системах, следует учитывать многокомпонентность и полиструктурность этих систем, что является исключительно сложной и многоплановой задачей и тем более в масштабе всего земного шара. До сих пор в мире не разработана четкая схема Глобальной системы экологического мониторинга, что вызывает тревогу у научной и мировой общественности.

Как уже упоминалось, объекты экологического мониторинга представлены большим множеством и различного уровня организации. Достижение целей экологического мониторинга возможно только при организации комплексного геоэкологического мониторинга, который представляет собой сложную информационную систему наблюдений и исследований. При комплексном геоэкологическом мониторинге работы должны проводиться по единой программе на специально оборудованных стационарах, расположенных в различных физико-географических условиях, в первую очередь в регионах с экологически неблагоприятной ситуацией. Основным принципом организации комплексного мониторинга – это учет всех компонентов природной среды и взаимосвязей между ними, признание природных систем в качестве главных объектов природопользования.

Экологический мониторинг интегрирует практически все области знания. Для осуществления и организации мониторинга окружающей природной среды, научно обоснованного управления качеством природной среды необходимо наличие энциклопедических знаний. Также немаловажными являются вопросы морального-нравственного характера и вопросы перехода общества от потребительского к экологическому мировоззрению.



**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Рассел Б. История западной философии / Б. Рассел. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1998. – 991 с.
2. Исаченко А.Г. Развитие географических идей / А.Г. Исаченко – М.: Мысль, 1971. – 416 с.
3. Мазур И.И. Курс инженерной экологии / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
4. Израэль Ю.А. Концепция мониторинга биосферы / Ю.А. Израэль // Мониторинг состояния окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 10–25.
5. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И.П. Герасимов // Известия АН СССР. Сер. Географ. 1975. – № 5.
6. Беккер А.А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / А.А. Беккер, Т.Б. Агаев. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 286 с.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
8. Бумблис В.И. Практика и проблемы современного экологического мониторинга / В.И. Бумблис, Н.Н. Елькина, Ю.П. Переведенцев // Зеленая книга Республики Татарстан. – Казань: КГУ, 1993. – С. 118–129.
9. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов [и др.]; под ред. Е.А. Заика. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 252 с.
10. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
11. Экология и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – М.: Юнити, 2000. – 447 с.
12. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / сост.: И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
13. Берлянт А.М. Геоизображения и геоэкология / А.М. Берлянт // Науки о Земле, №11, 1990. – М.: Знание, 1990. – 48 с.
14. Смирнов Л.Е. Аэрокосмические методы географических исследований / Л.Е. Смирнов. – Л.: ЛГУ, 1976.
15. Книжников Ю.В. Космические методы географических исследований / Ю.В. Книжников, В.И. Кравцова. – М.: МГУ, 1981. – 53 с.
16. Емельянов А.Г. Комплексный геоэкологический мониторинг: учебное пособие. – Тверь: Тверской гос. ун-т, 1994. – 88 с.
17. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация / А.М. Берлянт. – М., 1986.

18. Акимова Т.А. Экология: учебник / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
19. Бойко Ф.Ф. Изменение лесистости Татарской АССР в результате воздействия человека / Ф.Ф. Бойко // Проблемы отраслевой и комплексной географии. – Казань, КГУ, 1976. – С. 179–184.
20. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием / А.Б. Горстко. – М.: Знание, 1991. – 160 с.
21. Вавилин В.А. Математическое моделирование – метод исследования при решении задач регионального гидробиологического мониторинга / В.А. Вавилин // Мониторинг состояния окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 131–139.
22. Гимадеев М.М. Современные проблемы охраны атмосферного воздуха / М.М. Гимадеев, А.И. Щеповских. – Казань: Табигать, 1997.
23. РД52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: 1991. – 409 с.
24. Гасилина Н.К. Национальная система мониторинга состояния окружающей среды в СССР / Н.К. Гасилина, Ф.Я. Равинский // Мониторинг состояния окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 69–80.
25. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет, 1986. – 6 с.
26. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учебное пособие / А.Ю. Опекунов. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 261 с.
27. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: учебное пособие. – М.: Прибой, 1996. – 350 с.
28. Мирзоев К.М. / К.М. Мирзоев[и др.]. – Основные сейсмогенерирующие разломы Татарстана как объекты мониторинга землетрясений // Мониторинг, № 3, Казань: Мониторинг, 1997. – С. 55–61.
29. Rabe R. Der Nachweis von Luftverunreinigungen und ihrer Wirkungen durch Bioindkatoren / R. Rabe // Forum Stadte-Hygiene. – 1982. – V. 33. – P. 15–21.
30. Криволуцкий Д.А. Биоиндикация и экологическое нормирование / Д.А. Криволуцкий, Ф.А. Тихомиров, Е.А. Федоров // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: Наука, 1987. С. 18–26.
31. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / ред.: О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.

32. РД 118–02-90. Методическое руководство по биотестированию воды. – М.: Госкомприроды СССР, 1991. – 48 с.
33. Биоиндикация наземных экосистем / Э. Вайнерт[и др.]; под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир. – 1988. – 348 с.
34. Наблюдения за развитием природы Москвы / под ред. А.А.Минина. – М.: Изд-во ООО НПЭЦ «Пасьва», 2002. – 240 с.
35. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира / И.П. Герасимов. – М.: Наука, 1985. – 247 с.
36. Боголюбов С.А. Экологическое право: учебник для вузов / С.А. Боголюбов. – М.: Норма, 1999. – 433 с.
37. Экология. Юридический энциклопедический словарь. – М.: Норма, 2001. – 448 с.
38. Экологическое законодательство Республики Татарстан. Сборник законов. – Казань: Татполиграф, 1999. – 355 с.
39. Об охране окружающей среды. Сборник нормативных актов по состоянию на 15 ноября 1997 г. – М.: Юрайт, 1997. – 108 с.

## ГЛОССАРИЙ

**Анализ** – метод исследования, состоящий в мысленном или фактическом разложении целого на составные части; всесторонний разбор чего-либо путем рассмотрения его отдельных свойств и составных частей; синоним научного исследования вообще («подвергнуть анализу» означает «изучить»). Познание не сводится только к анализу; в сочетании, переплетении, единстве с синтезом становится возможным познание реальности.

**Анализ риска для здоровья** – процесс сбора, анализа и сравнения прогнозируемых параметров состояния здоровья отдельного лица с параметрами стандартной возрастной группы, позволяющий предсказать вероятность того, что у этого лица может преждевременно появиться какая-либо проблема со здоровьем, связанная с высоким уровнем заболеваемости и смертности в группе.

**Антропогенное воздействие** – любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе.

**Антропогенные факторы** – факторы, обязанные своим происхождением деятельностью человека.

**Биосфера** – область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы

**Безопасность химическая** – это совокупность определенных свойств объектов окружающей среды и создаваемых регламентируемых условий, при которых, с учетом экономических, социальных факторов и научно-обоснованных допустимых дозовых нагрузок химических вредных веществ, удерживаются на разумно низком минимально возможном уровне риск возникновения аварий на химически опасных объектах, а также риск прямого или косвенного воздействия этих веществ на окружающую среду и человека, и исключаются отдаленные последствия воздействия химических вредных веществ для настоящего и последующего поколений.

**Вещество опасное химическое** – химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей и их гибель.

**Воздействие на окружающую среду** – любые потоки вещества, энергии и информации, непосредственно образующиеся в окружающей

среде или планируемые в результате антропогенной деятельности и приводящие к изменениям окружающей среды.

**Воздействие экологическое** – человеческая деятельность, а также стихийные природные бедствия и катастрофы, в результате которых изменяется окружающая среда и вследствие этого условия существования человека и общества.

**Биологическое потребление кислорода (БПК)** – количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. БПК является одним из важнейших критериев уровня загрязнения водоема органическими веществами, он определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде. При анализе определяется количество кислорода, ушедшее за установленное время (2, 5, 10 или 20 суток – БПК<sub>2</sub>, БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>10</sub>) без доступа света при 20 °С на окисление загрязняющих веществ, содержащихся в единице объема воды. Практически полное окисление (БПК<sub>20</sub> или БПК<sub>полн</sub>) достигается в течение 20 суток.

**Вредное (загрязняющее) вещество** – химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду.

**Добавочная доза популяционного риска** – доля заболеваемости, смертности или инвалидности в популяции, связанная с воздействием данного фактора риска, рассчитываемая путем деления добавочного популяционного риска на показатели здоровья в исследуемой популяции.

**Добавочный или атрибутивный риск** – дополнительные случаи развития патологии, обусловленные воздействием факторов риска.

**Допустимая суточная доза (ДСД)** – дневная доза какого-либо химического вещества, которая не дает ощутимо вредных воздействий по всем известным критериям за все время жизни животного или человека. Она выражается в миллиграммах химического вещества на 1 кг массы тела.

**Допустимый экологический риск** – сознательное допущение вероятности причинения вреда окружающей среде ради достижения экономического или экологического эффекта.

**Загрязнение** – привнесение в природную среду или возникновение новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических веществ и агентов, оказывающих вредное воздействие на человека, флору, фауну и на материалы.

**Загрязнитель** – субъект воздействия на окружающую среду, любое юридическое или физическое лицо, несущее эколого-правовую и эколого-экономическую ответственность за конкретное воздействие на окружающую среду.

**Загрязняющее вещество** – вещество, способное нанести вред здоровью людей или окружающей среде, присутствующее в тех или иных объектах природной или окружающей среды в количествах, превышающих его естественные (фоновые) содержания.

**Загрязнение атмосферного воздуха** – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

**Загрязнение водных объектов** – сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование водного объекта либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

**Загрязнение почв** – поступление в почву химических соединений, радиоактивных элементов, патогенных организмов в количествах, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека, окружающую природную среду, плодородие почв сельскохозяйственного назначения.

**Захоронение отходов** – это изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

**Зона экологического риска** – зона, где наблюдаются достоверные изменения свойств природных комплексов, приводящие к негативным для природы и человека последствиям.

**Идентификация риска** – процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска. Элементы риска могут включать в себя источники и или опасности, события, последствия и вероятность. Идентификация риска может также отражать интересы причастных сторон.

**Идентификация источников** – процесс нахождения, составления перечня и описания источников. Применительно к безопасности идентификация источников представляет собой идентификацию опасностей.

**Источник** – объект или деятельность с потенциальными последствиями.

**Канцероген** – фактор, воздействие которого достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей (доброкачественных и/или злокачественных) в популяциях человека и/или животных, и/или сокращает период развития этих опухолей.

**Канцерогенная опасность (риск)** – вероятность значительного повышения частоты возникновения опухолей у людей, подвергшихся или подвергающихся воздействию определенных канцерогенных факторов в быту и/или на производстве и коррелирующая с индивидуальными способностями «образа жизни», эндогенными факторами («факторами организма»), загрязнениями окружающей среды или профессиональными вредностями.

**Качество атмосферного воздуха** – совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха.

**Класс опасности** – показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ загрязняющих природную среду. Вещества делятся на следующие классы опасности:

1 класс – чрезвычайно опасные;

2 класс – высокоопасные;

3 класс – опасные;

4 класс – умеренно опасные.

**Контрольный створ** – поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

**Критерии качества атмосферного воздуха** – уровень, установленный на основе научных знаний, с целью исключения, предотвращения или сокращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду в целом.

**Количественная оценка риска** – процесс присвоения значений вероятности и последствий риска.

**Коммуникация риска** – обмен информацией о риске или совместное использование этой информации между лицом, принимающим решение, и другими причастными сторонами.

**Ксенобиотик** – чужеродное химическое вещество, не присутствующее в норме в окружающей среде, например, пестициды или диоксины.

**Мониторинг окружающей среды** – система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогнозов будущего состояния окружающей среды; организационно и технически оформленная государственная (или ведомственная) информационно-измерительная система наблюдений, оценки состояния окружающей природной среды и прогнозирования ее изменений под влиянием природных или техногенных факторов.

**Неопределенность** – неясное, нечетко выраженное положение, ситуация, тенденция; носит как объективный, так и субъективный характер.

**Неопределенность стохастическая** – это неопределенность, описываемая распределением вероятностей на множестве возможных состояний рассматриваемого объекта; случайность.



**Нормирование санитарно-гигиеническое** – система оценки и контроля допустимых уровней воздействия загрязняющих веществ на человека с целью непосредственной его защиты от вредного влияния этих веществ. Обеспечивается нормативами санитарно-гигиенических ПДК загрязняющих веществ с учетом возможного синергизма их действия.

**Менеджмент риска** – скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска. Обычно менеджмент риска включает в себя оценку риска, обработку риска, принятие риска и коммуникацию риска.

**Объект размещения отходов** – специально оборудованное сооружение, предназначенное для размещения отходов (полигон, шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород и т.д.).

**Окружающая среда** – совокупность абиотической, биотической и социальной сред, способных совместно и непосредственно оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на людей и их хозяйство, на животные, растительные и другие организмы.

**Опасность техногенная** – состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной опасности на человека и окружающую среду при его возникновении либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов.

**Оптимизация риска** – процесс, связанный с риском, направленный на минимизацию негативных и максимальное использование позитивных последствий и, соответственно, их вероятности.

**Остаточный риск** – риск, остающийся после обработки риска.

**Оценивание риска** – процесс сравнения количественно оцененного риска с данными критериями риска для определения значимости риска.

**Охрана окружающей среды** – предотвращение, ограничение и уменьшение негативного воздействия последствий стихийных бедствий, аварий или катастроф, либо хозяйственной и производственной деятельно-

сти людей на здоровье и благосостояние человека и окружающую его природную среду.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** – экологический норматив, предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в среде, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

**ПДК<sub>MR</sub>** – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населённых мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при вдыхании в течение 20–30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

**ПДК<sub>р-х</sub>** – предельно допустимая концентрация в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей.

**ПДК<sub>СС</sub>** – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населённых мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неопределённо долгом (годы) вдыхании.

**Показатель смертности** – отношение числа умерших среди данного населения в течение года к численности этого населения по состоянию на середину года. Смертность выражается как число умерших на 1000 или 100000 жителей. Показатель также рассчитывается для отдельных возрастных групп, рас, по полу, географическим областям или причинам смерти (специфический показатель), а также для всего населения (общий показатель).

**Порог** – доза или уровень экспозиции, ниже которой не обнаруживается значительного неблагоприятного эффекта. Канцерогены являются беспороговыми химическими веществами, для которых не существует такого воздействия, которое могло бы рассматриваться как не обладающее некоторым риском развития неблагоприятных эффектов.

**Последствие** – результат события. Результатом события может быть одно или более последствий. Последствия могут быть ранжированы от по-

зитивных до негативных. Однако применительно к аспектам безопасности последствия всегда негативные. Последствия могут быть выражены качественно или количественно.

**Предотвращение риска** – решение не быть вовлеченным в рискованную ситуацию или действие, предупреждающее вовлечение в нее. Решение может быть принято на основе результатов оценивания риска.

**Предупреждение чрезвычайных ситуаций** – комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде, материальных потерь в случае их возникновения. Очевидно, что выполнение этих обязанностей, предусмотренных требованиями законов, невозможно без выполнения комплексного мониторинга, в том числе экологического мониторинга.

**Природная среда** – часть природы, не испытывающая непосредственного воздействия со стороны человека. Характеристики ее определяются биотическими и естественными абиотическими факторами, к которым относятся климат, свет, атмосферные осадки, географическая цикличность и т.п.

**Риск** – сочетание вероятности события и его последствий. Термин «риск» обычно используют только тогда, когда существует возможность негативных последствий. В некоторых ситуациях риск обусловлен возможностью отклонения от ожидаемого результата или события.

**Риск индивидуальный** – вероятность (частота возникновения) поражающих воздействий определенного вида (смерть, травма, заболевание) для индивидуума, возникающая при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (где находится индивидуум).

**Риск социальный** – зависимость вероятности нежелательных событий (или частоты их возникновения), состоящих в поражении определенного числа людей, подвергающихся негативным воздействиям определенного вида при реализации определенных опасностей, от этого числа людей.

**Риск относительный** (или отношение рисков) – отношение заболеваемости среди лиц, подвергшихся и не подвергавшихся воздействию факторов риска. Этот показатель не несет информации о величине абсолютного риска. Даже при высоком значении относительного риска абсолютный риск может быть совсем небольшим, если заболевание редкое. Относительный риск показывает связь между воздействием и заболеванием.

**Риск экологический** – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности; возможность потери контроля над происходящими экологическими событиями.

**Риска анализ** – процесс определения угроз безопасности системы и отдельных ее компонентов, определения их характеристик и потенциального ущерба, а также разработка мер защиты.

**Риска восприятие** – отношение людей и общества к риску, которое должно учитываться при выработке мероприятий по снижению риска с тем, чтобы они были правильно восприняты и адекватно реализованы.

**Риска методы оценки** – после выявления принципиально возможных рисков необходимо оценить их уровень и последствия, к которым они могут привести, т.е. вероятность соответствующих событий и связанный с ними потенциальный ущерб. Разработаны различные методы оценки риска; возможно также использование их сочетаний.

**Риск-менеджмент** – система управления риском и финансовыми отношениями, возникающими в процессе этого управления. В основе риск-менеджмента лежат целенаправленный поиск и организация работы по снижению степени риска, искусство получения и увеличения дохода в неопределенной хозяйственной ситуации. Снижение величины риска осуществляется через финансовые методы: диверсификацию, лимитирование, страхование, самострахование и др.

**Санитарно-защитная зона** – зона разрыва между промышленными предприятиями и ближайшими жилыми и общественными зданиями. Создается с целью защиты населения от влияния вредных производственных факторов (шум, пыль, газообразные выбросы и т.д.).

**Селитебная территория** – часть планировочной структуры города; территория, включающая: жилые районы и микрорайоны, общественно–торговые центры, улицы, проезды, магистрали, объекты озеленения. В селитебных зонах могут располагаться отдельные коммунальные и промышленные объекты, не требующие санитарно-защитных зон.

**Стандарты качества воздуха ВОЗ.** В основе требований ВОЗ лежит охрана здоровья человека. Различные периоды осреднения отражают потенциальное воздействие загрязнителей на человека; загрязнители, на которые установлены нормативы с краткосрочным базисным периодом, оказывают быстрое воздействие на состояние здоровья, а те из них, которые имеют долговременный (годовой) отчетный период, связаны с хроническим вредным воздействием. В целях охраны здоровья ни один из стандартов не должен быть превышен. Чем выше концентрация, тем более кратким должен быть период воздействия на объект. Напротив, при более низкой концентрации загрязняющего вещества период воздействия может продлеваться.

**Системный подход** – один из общенаучных подходов, направленный на познание механизма интеграции систем как целостных образований – единств, состоящих из взаимосвязанных и взаимодействующих, нередко разнородных элементов. При этом учитывается, что каждая система выступает как элемент более высокой системы.

**Снижение риска** – действия, предпринятые для уменьшения вероятности, негативных последствий или того и другого вместе, связанных с риском.

**Событие** – возникновение специфического набора обстоятельств, при которых происходит явление. Событие может быть определенным или неопределенным. Событие может быть единичным или многократным. Вероятность, связанная с событием, может быть оценена для данного интервала времени.

**Стресс** – неспецифическая (общая) реакция живого организма на любое сильное воздействие, оказываемое на него. Антропогенный стресс возникает у живых организмов под влиянием человеческой деятельности. При стрессе появляется комплекс защитных реакций организма (адаптационный синдром).

**Стрессор** – фактор, оказывающий сильное воздействие на организм и приводящий к стрессу.

**Сценарий** – воображаемая, но правдоподобная последовательность действий и вытекающих из них событий, которые могут произойти в будущем с исследуемой системой; модель будущего после принятия решения, представленная до его принятия.

**Токсичность** – степень проявления ядовитого действия разнообразных химических соединений и их смесей на живые организмы (в качестве тест-объектов используют простейших ракообразных и водоросли).

**Уменьшение последствия события** – ограничение любого негативного последствия конкретного события.

**Управление риском** – действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска. Управление риском может включать в себя мониторинг, переоценивание и действия, направленные на обеспечение соответствия принятым решениям.

**Устойчивость экологическая** – способность экосистем сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов.

**Ущерб** – результат изменения состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств.

**Уязвимость** – степень возможных потерь, ущерба для данного объекта или совокупности, которые могут произойти при воздействии какого-либо негативного процесса или явления определенной величины.

**Факторы риска** – факторы, которые повышают вероятность возникновения различных нарушений здоровья, в частности, развития заболеваний.

**Фоновый уровень** – уровень концентраций химического вещества, характерный для районов, не подверженных непосредственному влиянию человеческой деятельности, и обусловленный деятельностью местных природных источников загрязнения.

**Химическое потребление кислорода (ХПК)** – бихроматная окисляемость, наиболее высокая степень окисления; величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильнейших химических окислителей. В водоёмах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод.

**Экология** – наука, изучающая взаимоотношения организмов и окружающей среды.

**Экологическая химия** – наука, изучающая химические основы экологических явлений и проблем

**Экологический мониторинг** – совокупность мероприятий по наблюдению, прогнозированию и оценке состояния окружающей среды, проводимых с целью выявления антропогенных и естественных составляющих в его изменениях; это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза измерений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

**Экосистема** – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные компоненты связаны обменом веществ, энергии и информации. Экосистема является саморазвивающейся термодинамически открытой системой.

**Экспозиция** – количество химиката, приходящееся на одну мишень (организм, орган, ткань и т.п.).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	6
1.1. История развития системы экологического мониторинга.....	6
1.2. Цели и задачи экологического мониторинга.....	9
1.3. Классификация систем мониторинга.....	12
1.4. Глобальная система мониторинга окружающей среды.....	19
Контрольные вопросы.....	25
2. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	26
2.1. Контактные методы.....	26
2.2. Неконтактные (дистанционные) методы.....	31
2.2.1. Аэрокосмический мониторинг.....	35
2.2.2. Картографический мониторинг.....	40
2.3. Моделирование как метод получения мониторинговой информации.....	44
2.4. Экологический контроль.....	47
Контрольные вопросы.....	50
3. МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СРЕД И ГЕОЭКОСИСТЕМ.....	51
3.1. Мониторинг атмосферы.....	51
3.2. Мониторинг гидросферы.....	60
3.2.1. Мониторинг вод морей и океанов.....	61
3.2.2. Мониторинг вод суши.....	62
3.3. Мониторинг почвенного покрова.....	69
3.4. Мониторинг литосферы.....	76
3.5. Биологический мониторинг.....	80
3.6. Методы и объекты биомониторинга.....	83
3.7. Мониторинг геосистем.....	86
Контрольные вопросы.....	89
4. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.....	89
4.1. Основы законодательства Российской Федерации в области экологического мониторинга.....	91
4.2. Нормативно-правовые основы экологического мониторинга России.....	98
Контрольные вопросы.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	111
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	113
ГЛОССАРИЙ.....	116



*Учебное издание*

**Апкин Ренат Нуриханович,  
Минакова Елена Анатольевна**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

*Учебное пособие*

Кафедра инженерной экологии и рационального  
природопользования КГЭУ

Редактор издательского отдела,  
компьютерная верстка: *К.В. Аршинова*

Подписано в печать 09.07.15.

Формат 60×84/16. Бумага Business. Гарнитура Times. Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 7,38. Уч.-изд. л. 8,19. Тираж 500 экз. Заказ № 12/эл

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,  
420066, Казань, Красносельская, 51