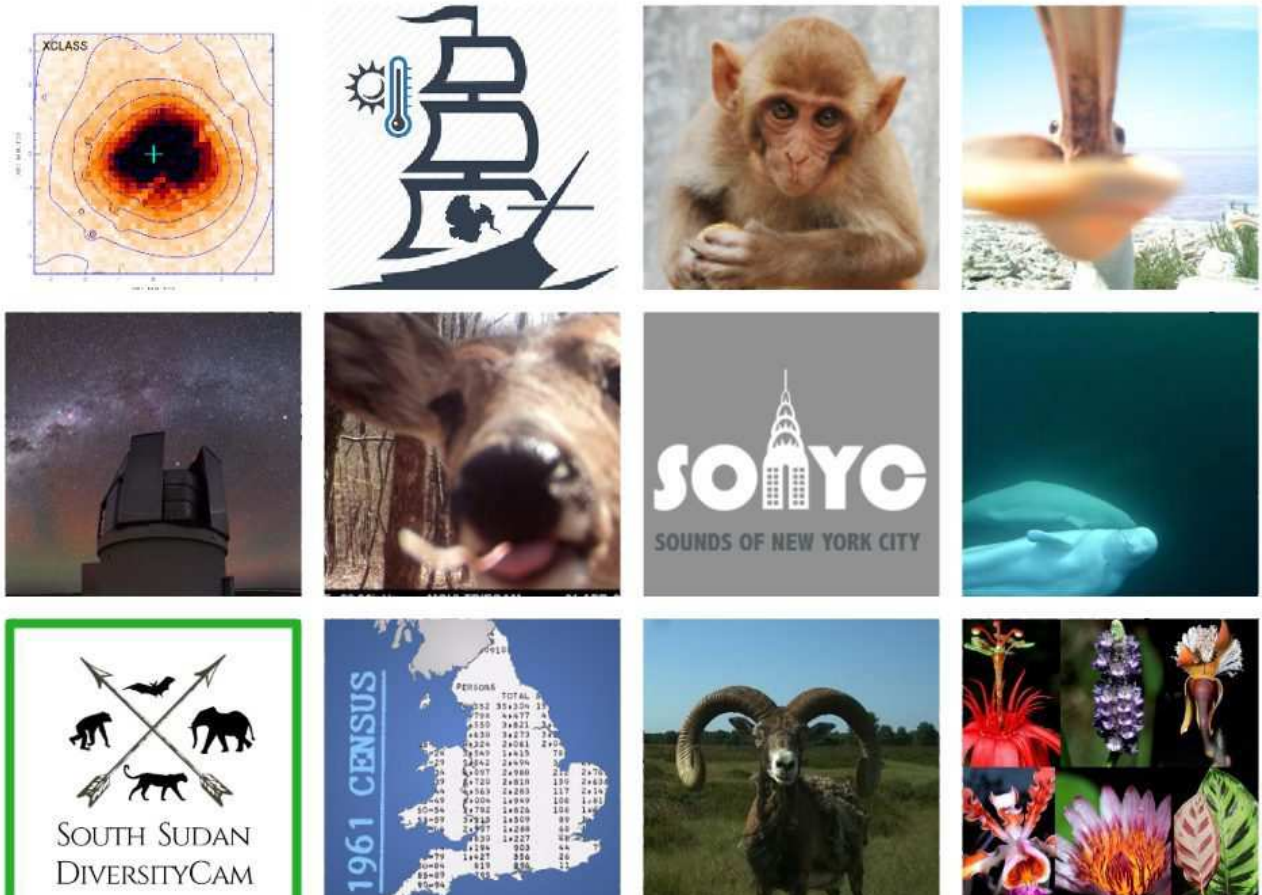


ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



Донецк 2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Биологический факультет
Кафедра ботаники и экологии**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УЧЕБНИК

Донецк 2021

УДК 574.502.3 : 577.4 + 912 : 549.2

Экологический мониторинг: учебник (издание третье, дополненное и переработанное) / [сост. А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко] ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Биологический факультет, Кафедра ботаники и экологии. - Донецк : [ДонНУ], 2021. - 478 с.

В учебнике представлены вопросы необходимого информационно-доказательного минимума при изучении дисциплины Экологический мониторинг. Система его сложна поликомпонентностью, взаимосвязями и взаимответственностью как процедурой организации, так и контроля за качеством компонентов окружающей среды.

Составители: Сафонов А.И., к.б.н., доц.
Мирненко Н.С., асс.

Использованы публикации и образовательные пособия таких ученых, как Е.А. Васильева, В.Н. Виниченко, Т.В. Гусева, Е.А. Заика, Т.Д. Зинченко, Ю.А. Израэль, Е.В. Красней, Я.П. Молчанова, О.Н. Николаева, М.А. Пашкевич, Г.С. Розенберг, В.Ф. Шуйский, А.В. Печников, В.С. Тикунов, М.В. Хотулева, О.М. Черн, В.К. Шитиков

Рекомендовано к изданию решением заседания кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета. Протокол № 13 от 10.06.2021 г.

Рекомендовано к изданию решением заседания ученого совета биологического факультета Донецкого национального университета. Протокол № 10 от 18.06.2021 г.

Курс «Экологический мониторинг» является базовой частью профессионального блока дисциплин общепрофессиональной подготовки студентов по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование. Дисциплина реализуется на биологическом факультете ДонНУ кафедрой ботаники и экологии.

Основывается на базе дисциплин: Введение в специальность, Биология, География, Геология, Метеорология и климатология, Картографические методы в экологии.

Является основой для изучения дисциплин: Техногенные системы и экологический риск, Экологическая безопасность, Учение о биосфере, Социальная экология, а также освоение данной дисциплины необходимо при прохождении бакалаврами производственной практики и подготовке выпускной квалификационной работы.

© ГОУ ВПО «ДОННУ», 2017, 2019, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Красной нитью всех концептуальных идей мониторинга (как учебной дисциплины и как механизма экологических исследований) проходит единая комплексная программа

- **наблюдения,**
- **оценки,**
- **прогноза и**
- **контроля** (управления) качества среды.

Эти четыре составляющие принципиально одинаково важны исследователям, поскольку

- *имеют место каждый в отдельности и вместе на всех этапах процесса,*
- *оправдывают смысл и*
- *формируют значение* в любой прикладной мониторинговой программе, реализуемой на всех уровнях ее организации.

Современные экологические исследования поражают разнообразием и успехами научной мысли. Достижения ученых с каждым годом приносят существенную информацию. Однако, именно экологические данные зачастую рассматриваются как ресурс политических программ, завязанных на гео- и социально-экономических интересах. Поэтому, владеть достоверной информацией о состоянии окружающей среды представляется наибольшей ценностью, поскольку только в таких условиях можно стремиться к гармоничному развитию природы и общества.

Любую без исключения вещественную естественнонаучную разработку нужно и можно рассматривать как часть мониторинговой программы. Такова **идейно-нравственная задача** представленной ВАШЕМУ вниманию учебной разработки. И в стремлении к экологическому равновесию, предотвращающему кризисы, катаклизмы и (или) любые катастрофические проявления в природных системах, **каждый студент-эколог** в этом курсе может сформулировать свою **индивидуальную научную доктрину поведения, экологический императив** которой будет направлен на консолидацию и высокопродуктивные **технологии эволюционных преобразований**, соизмеримых в системе "возможностей и потребностей" как общества, государства, так и любой открытой природной системы нашей планеты.

Курс экологического мониторинга – это теоретическая (фундаментальная) и прикладная база всех профильных дисциплин естествоиспытателя.

Впереди так много интересного!

С уважением, Сафонов Андрей Иванович

1 МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК ОБЛАСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Практически во всех видах научной и практической деятельности человек использует методы наблюдения, которые основываются, как правило, на долгом целенаправленном планомерном восприятии предметов и явлений окружающей среды.

Информация о состоянии здоровья необходима в повседневной жизни людей, в хозяйственной деятельности, особенно ценна она в чрезвычайных ситуациях, во время которых динамически изменяются события, приходится оперативно и своевременно предпринимать правильные действия и принимать нестандартные рационализаторские решения.

Какие виды мониторинга ВЫ уже можете назвать?

В чем принципиальная разница между ними?

Какие сферы человеческих интересов затронуты при проведении мониторинга?

Последние десятилетия во всем мире резко возросло воздействие человека на окружающую среду и стало очевидным, что бесконтрольная эксплуатация природы может привести к весьма серьезным негативным последствиям.

В связи с этим возникла насущная необходимость в наличии детальной информации о состоянии биосферы. Известно, что состояние биосферы изменяется под влиянием естественных и антропогенных воздействий.

Есть существенные различия в результатах таких воздействий:

– состояние биосферы, меняющееся под влиянием естественных причин, **как правило, возвращается к первоначальному.** Изменение температуры, давления, влажности воздуха и почвы **колеблются относительно постоянных средних значений.** То же самое происходит с объемами фитомассы и биомассы животных. Крупные равновесные экологические системы под влиянием естественных природных процессов **меняются также чрезвычайно медленно.** Эти постепенные эволюционные изменения происходят только за промежутки времени, измеряемые историческими эпохами.

– в отличие от изменений состояния биосферы, вызываемых естественными причинами, ее изменения под влиянием антропогенных факторов **могут происходить весьма быстро** в течение нескольких десятков лет и сравнимы с некоторыми естественными изменениями, произошедшими за тысячи и даже миллионы лет; нет возврата к первоначальному состоянию (даже квазистационарному), предугадать их дальнейшее развитие достаточно сложно (!).

В чем еще принципиальная разница между этими блоками факторов (воздействий) и явлений (процессов под воздействием этих факторов)?

Примеры:

– строительство крупного металлургического комбината;

– гидродинамический режим р. Кальмиус (колебания, особенности, природные

- условия, 11-летний цикл, старовозрастные пойменные дубравы...);
- открытый и закрытый способ добычи полезных ископаемых;
 - вопросы глобального изменения климата...
 - хронобиология, циклы, ритмы, взаимозависимость компонентов.

Вывод об относительности этих суждений

Познание специфики антропогенных факторов невозможно без выделения антропогенных процессов на фоне природных, для чего и организуются постоянные **наблюдения** за различными параметрами **биосферы** (здесь и далее По окончании общего цикла наблюдений проектирующей организации передается отчет, в котором представляются данные о содержании коррозионно-активных примесей атмосферы в исследуемом районе и определяется тип атмосферы в соответствии с ГОСТ 15.150-6.

смысл термина "биосфера" экстраполируется для выделения планетарного масштаба исследований, хотя формально включает и элементы техно-социо-антропосреды), которые изменяются в результате человеческой деятельности.

Суть мониторинга заключается именно в наблюдении за окружающей средой, оценке фактического состояния и прогнозировании его дальнейшего развития.

Согласно международному стандарту (ST ISO 4225-80) **мониторинг** – это

- многоразовое измерение для наблюдений за изменениями какого-либо параметра в определенном интервале времени;
- система долгосрочных наблюдений, оценивания, контролирования и прогнозирования состояния и изменения объектов.

** специальное задание: подготовить дополнительное сообщение об этом стандарте.*

Этот термин был предложен накануне проведения Стокгольмской конференции ООН по вопросам окружающей природной среды в 1972 г. в довесок или для дифференциации с термином "контроль".

Историческая справка

В 1968 году в Париже состоялась конференция ЮНЕСКО, на которой были обсуждены основные пункты **Программы «Человек и биосфера»** (Man and Biosphere – МАВ). Программа МАВ включала разработку рекомендаций по организации международной программы наблюдений за изменениями окружающей среды. Ее главная задача состояла в обнаружении и предупреждении наступающих вредных антропогенных изменений в состоянии природной среды, которые могут нанести прямой или косвенный вред благосостоянию людей. В 1971 году при подготовке к **первой международной конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 1972)** экспертами комиссии Научного комитета по проблемам окружающей среды было предложено понятие «мониторинг окружающей природной среды». Этот термин было решено использовать «для обозначения системы повторных наблюдений одного и более элементов природной среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой». Авторство принадлежало члену комиссии американскому ученому **Р. Манну**. Важным решением Стокгольмской конференции была рекомендация по созданию **Глобальной системы мониторинга окружающей среды** (Global Environmental Monitoring

Systems-GEMS).

Кроме наблюдений и получения информации мониторинг предусматривает и элементы **активных действий**, таких как оценивание, прогнозирование, разработка природоохранных рекомендаций.

Чем "оценивание" отличается от "оценки"?

Мониторинг (с английского (монитор) – *"тот, который контролирует, предупреждает"*) – **система наблюдений и контроля за природными, природно-антропогенными комплексами, процессами, которые происходят в них, окружающей средой вообще с целью рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, прогнозирование масштабов неизбежных изменений.**

Есть еще некоторое принципиальное дополнение:

Термин "**мониторинг**" происходит от латинского слова "**монитор**" – "впередсмотрящий", "предостерегающий". В настоящее время термин "**мониторинг**" употребляется и в значении – слежение, наблюдение.

Для управления состоянием окружающей среды **необходимо отслеживать и контролировать ее текущее состояние и выявлять изменения**, чтобы предотвратить ухудшение ее качества и суметь спрогнозировать будущие изменения и связанные с ними экологические последствия.

Система мониторинга антропогенных изменений природной среды не является какой-то принципиально новой системой, которая требует организации сети новых наблюдательных станций, линий и телекоммуникаций, центров обработки данных и т.д. Она должна войти и входит составной частью в универсальную систему наблюдений и контроля состояния природной среды, которая начала ранее развиваться в бывшем СССР (гидрометеорологические и геофизические службы).

Мониторинг включает следующие основные направления деятельности:

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

Таким образом, мониторинг в первоначальном значении – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, не включающая управление качеством окружающей среды. Однако очевидно, что в систему мониторинга совершенно **необходимо включать и блоки управления качеством природной среды.**

Большая заслуга в разработке концепции мониторинга принадлежит выдающемуся российскому ученому **Ю. А. Израэлю**, который предложил «понимать под мониторингом только такую систему наблюдений, которая позволяет выделить изменения состояния биосферы под влиянием антропогенной деятельности».

В соответствии с определением, основными элементами в эту систему включаются:

- наблюдение за факторами воздействия и состоянием окружающей среды;
- прогноз ее будущего состояния;
- оценка ее фактического и прогнозируемого состояния.

Эта концепция отводит мониторингу функцию информационного обеспечения антропогенной деятельности. По мнению другого российского исследователя **И. П. Герасимова**, «объектом общего мониторинга является многокомпонентная совокупность природных явлений, подверженная многообразным естественным динамическим изменениям и испытывающая разнообразные воздействия и преобразования ее человеком». И. П. Герасимов понимал под мониторингом «систему наблюдения, контроля и управления состоянием окружающей среды, осуществляемую в различных масштабах, в том числе глобальном». «**Управленческая**» концепция мониторинга нацеливала на выявление и контроль экологической опасности, создание экологически целесообразного хозяйства, активное международное сотрудничество. Сторонники «управленческой» концепции мониторинга настаивали на необходимости восполнения пробела, связанного с отсутствием в системе мониторинга звена управления. В настоящее время принято такое определение: **под экологическим мониторингом окружающей среды понимают комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды**. Это понятие означает регулярные наблюдения природных сред, ресурсов, растительного и животного мира, выполняемые по единообразной программе. Такой подход позволяет выявить изменения их состояния как в ходе естественных процессов, так и под влиянием деятельности человека.

Система мониторинга может охватывать **как локальные районы, так и земной шар в целом (глобальный мониторинг)**. Основной особенностью системы глобального мониторинга является возможность на основании данных этой системы оценить состояние биосферы в глобальном масштабе.

В рамках одного государства возможно создание и функционирование системы национального мониторинга. Такая система **отличается от глобального мониторинга** не только масштабами, но и тем, что основной задачей национального мониторинга является **получение информации и оценка состояния окружающей среды в национальных интересах**.

Например, повышение уровня загрязнения атмосферы в отдельных городах или промышленных районах может и не иметь существенного значения для оценки состояния биосферы в глобальном масштабе, но представляется важным вопросом для принятия мер в данном районе на национальном уровне.

Конкретный пример (выбросы соединений серы в атмосферу в маленьком городе под Парижем и кислотные дожди в центральной Африке).

Естественно, что глобальная система мониторинга должна основываться на подсистемах национального мониторинга, включая элементы этих подсистем, но нет необходимости включать в глобальную систему абсолютно все эти подсистемы, т.к. в их компетенцию входят сугубо национальные вопросы.

Так ли это?

Почему еще 10-20 лет назад это звучало по-другому?

Мониторинг является многоцелевой информационной системой.

Как отрасль экологической науки мониторинг окружающей среды основывается на общих экологических законах и закономерностях, а также взаимодействует с естественными, географическими и техническими науками.

Задачи мониторинга как науки:

– постановка и выработка теоретических основ практического решения проблем организации наблюдений;

– научное обоснование состава, структуры, сети и методов наблюдений за природным фоном, природными явлениями, планетарными процессами, уровнем загрязнения природных сред, состоянием биоты (совокупности живых организмов, которые населяют определенный район в определенный интервал времени), физическими параметрами биосферы;

– выбор методов и методик оценки и прогноза состояния окружающей среды;

– разработка рекомендаций об управлении состоянием составляющих биосферы.

Альтернативная версия задач экологического мониторинга:

– сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных;

– обработка и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт;

– усовершенствование и разработка 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.

При этом оценка текущего состояния среды является основой для принятия оперативных решений в области природопользования, а прогноз – для принятия долгосрочных решений.

Цель мониторинга окружающей среды – экологическое обоснование перспектив и усовершенствование системы мониторинга окружающей среды, оценивания фактического и прогнозируемого его состояния; предупреждение об уменьшении биоразнообразия экосистем, нарушения экологической устойчивости в окружающей среде, ухудшение условия жизнедеятельности людей.

Альтернативная 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.

Предмет мониторинга окружающей среды как науки – организация и функционирование системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния экологических систем, их элементов, биосферы, характера влияния на них природных и антропогенных факторов.

Объектами мониторинга могут быть окружающая среда и ее элементы (атмосферный воздух, поверхностные и грунтовые воды, почвенный и растительный

покровы, экосистемы, их абиотические и биотические составляющие, биосфера) и отдельные источники влияния на окружающую среду.

В зависимости от чего?

Атмосферный воздух. Почему такое сочетание слов?

Мониторинг окружающей среды как комплексная отрасль знаний подчиняется **общенаучным методам исследований**, таким как **анализ, синтез, восхождение от конкретного к абстрактному, обобщение, математическая и статистическая обработка информации**.

Вместе с тем, мониторинг окружающей среды использует **собственные методы** анализа, прогнозирования состояния экологических систем и процессов, которые в них происходят.

На основе исследования связей между процессами и составляющими экосистем, влияния на них природных и антропогенных факторов мониторинг выясняет общие закономерности функционирования, а также особенности состояния экосистем, компонентов биосферы на разных пространственно-территориальных уровнях.

При выполнении своих функций мониторинг окружающей среды использует разнообразные методы получения первичной и вторичной информации.

Чем отличаются эти методы? Примеры.

Методы получения первичной информации реализуются **через непосредственные наблюдения на соответствующих станциях, постах, стационарах**. Таким являются метеорологические, гидрологические, океанические, геофизические, биологические, фоновые и др. наблюдения. Данные о состоянии среды получают с помощью дистанционных способов наблюдений, в том числе вследствие прямых наблюдений со спутников Земли, вертикального зондирования, фотографических и геофизических съемок, а также геостационарных наблюдений.

Методы получения вторичной информации – упорядочение и обработка базы данных, полученных с помощью первичной информации. Результаты фиксируют в виде карт, таблиц, графиков. Для аккумуляции и обобщения информации функционируют географические информационные системы (ГИС) – компьютерные базы данных, объединенные с определенным аналитическим способом для работы с пространственной информацией.

- **метод аналогий** (исследованный предмет оценивается в соответствии со своей типовой моделью),

- **эмпирическое обобщение** (изучение связей между явлениями и процессами объекта исследований),

- **моделирование** (построение физических, математических, цифровых моделей).

Общие задачи мониторинговых исследований:

– наблюдение за факторами влияния на окружающую природную среду и за ее состоянием;

– оценивание фактического состояния окружающей среды;

- прогнозирование состояния окружающей природной среды и его оценивание;
- исследования состояния биосферы, оценивание прогноз ее изменений;
- определение объема антропогенного действия на окружающую природную среду;
- установление факторов и источников загрязнения окружающей природной среды; выявление критических и экстремальных ситуаций, которые нарушают экологическую безопасность.

*Входной контроль. Или контроль знаний.
Сравнить общие задачи мониторинговых исследований и
задачи мониторинга как науки*

Организация экологического мониторинга базируется на трех **основных принципах**:

- комплексности,
- систематичности и
- унифицированности.

На основе этих принципов процесс построения системы экологического мониторинга должен включать следующие основные составляющие:

- выбор объектов мониторинга и контролируемых параметров;
- создание сети пунктов наблюдений;
- сбор, обработка и накопление информации;
- обработка полученной информации, оценка экологической обстановки;
- использование информации и результатов для принятия решений о действиях по улучшению экологической ситуации.

Структура системы экологического мониторинга состоит из четырех основных блоков:

- базы данных,
- аналитического блока,
- информационного блока и
- блока управления экологической ситуацией.

Докажите, что каждый из этих пунктов важен в системе и каким образом можно циклировать повторность каждой из этих структурных составляющих.

Информационная система экологического мониторинга является составной частью системы управления состоянием окружающей среды, поскольку информация о существующем состоянии окружающей среды и тенденциях его изменения являются основой разработки природоохранной политики и планирования социально-экономического развития территорий.

1.1 Становление и развитие мониторинга окружающей среды как отрасли экологической науки

Наблюдение за причинно-следственными явлениями и процессами в природной среде было необходимым условием приспособления к комплексу факторов и гарантией выживания и развития человечества. Первобытный человек наблюдал за окружающей средой, делал первоначальные выводы и предположения. Вместе со становлением и развитием следующих исторических формаций приобретенный опыт сначала в устной, а потом в письменной форме сохранялся, анализировался и передавался следующими поколениями.

Наиболее важные письменные памятники, которые свидетельствуют, что наблюдение за окружающей средой было важным условием развития общества, оставили египтяне, греки и, практически, все народы, которые имели письменность.

Так, Гиппократ (прибл. 460-370 до н. э.) в своем трактате "*О воздухе, воде и местности*" (прибл. 390 до н.э.) рассматривал влияние окружающей среды на здоровье человека.

Некоторые факты и трактовки экологической направленности освещены в работах Аристотеля (384-322 гг. до н.э.) "*О возникновении животных*" (прибл. 340 г. до н.э.).

Теофраст Ерезийский (371-280 гг. до н.э.) приводит сведения о своеобразии растений, которые произрастают в различных условиях, зависимость их форм и особенностей от почвы и климата.

С развитием общества накапливалась информация экологической направленности, систематизировались данные, анализировались изменения состояния окружающей природной среды, обусловленные влиянием природных факторов и деятельностью человека.

С XX века человек получил возможность активно влиять на окружающую среду и пользоваться новыми ресурсами.

Именно увеличением антропогенного влияния на природу и ее изменениями было обосновано возникновение и становление мониторинга окружающей среды как науки.

Мониторинг окружающей среды возник во второй половине XX века как научно-практическое направление системной экологии, задачами которой является установление критериев и выявление границ устойчивости экологических систем. Тогда цель мониторинга заключалась только в получении **репрезентативных** данных о состоянии, динамичном изменении экосистем, создание базы данных по первичным показателям, выбор объектов и формирование сети наблюдений.

На то время понятие "*мониторинг окружающей среды*" включало не только систему постоянных наблюдений за состоянием компонентов биосферы, но и определенную методологию (биологический, физико-химический и геофизический аспекты), а также обозначало действенный способ охраны окружающей среды.

В начале 70-х годов XX века были обоснованы альтернативные концепции мониторинга окружающей среды как сферы научного знания и практической деятельности.

Согласно концепции современного российского геофизика-мониторинголога **Юрия Антониевича Израэля** мониторинг формируется из определенных подсистем, среди которых особую роль играет экологический мониторинг – выявление и исследование изменений состояния абиотических компонентов природных сред биосферы (также учитываются изменения уровня загрязнения природных сред) и обратные реакции экосистем на природные и антропогенные изменения.

Согласно этой концепции целью мониторинга является фиксация антропогенных изменений природной среды, а управление качеством не предусмотрено.

По мнению российского географа-почвовода академика **Иннокентия Петровича Герасимова**, *система мониторинга способствует выявлению экологических опасностей*, но усложняет рациональное управление экосистемами, если окружающая среда загрязнена вредными отходами производства, нарушены биотические круговороты и нормальное функционирование экосистемы.

Типам мониторинга подчинены серии мониторинга окружающей среды: геолого-физическая, экологическая, социологическая, технико-экономическая и медико-биологическая, в которые объединяются наблюдения за состоянием основные составляющих биосферы с целью выявления их изменений.

В период 1972-1974 гг. научный комитет по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов (SCOPE) разработал идею глобального мониторинга. Теоретически обосновал ее американский ученый **Р. Манн (R.E. Mann)**.

Суть концепции глобального мониторинга заключается в необходимости совершения повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и во времени с определенной целью в соответствии с конкретными программами.

На основании этой концепции возникли разнообразные подсистемы мониторинга окружающей среды:

- мониторинг приземного и верхнего слоев атмосферы,
- мониторинг атмосферных осадков, мониторинг гидросферы (поверхностных вод суши, вод океанов, морей и подземных вод),
- мониторинг литосферы (в первую очередь – почвы),
- климатический мониторинг,
- мониторинг озонового слоя,
- мониторинг океана,
- геофизический мониторинг,
- физический мониторинг,
- биогеохимический мониторинг.

В 1986 г. Секретариат ООН по окружающей среде издал "Справочник по экологическому мониторингу", который включает методики и программы мониторинга для развивающихся стран.

Природно-научные исследования предполагают:

- **выявление и исследование природных ресурсов**, например, продуктов питания, мониторинг растительности, мониторинг популяций, мониторинг рельефа,
- **исследование природных условий**, например, мониторинг эрозии почв, твердого стока.

Мониторинг окружающей среды во всех развитых странах осуществляется на основании рекомендации ООН с учетом национальных особенностей. Например, в **Великобритании** для этого создана **сеть наблюдений за химическими соединениями** с целью изучения динамики изменения среды под их действием, изучение наименее устойчивых компонентов экологических систем.

Реализуется на двух уровнях:

- **мониторинг качества окружающей среды** (оценка существующего состояния),
- **проблемный мониторинг** (оценка новых опасных экологически кризисных ситуаций).

Такой подход дает возможность предвидеть экологические проблемы экосистем, своевременно организовать мониторинговые программы.

Мониторинг в Швеции имеет проблемный характер. Например, наблюдение за качеством воды предполагает предварительное выделение определенных проблем и разработку действий согласно частным программам исследований.

В Германии, одной из наиболее развитых в промышленном отношении стран Европы, в 2006 году было выявлено около 271 000 загрязненных территорий. Ввиду масштабов воздействия загрязненных территорий на перспективы хозяйственного развития этих регионов и трудностей с привлечением внешних инвестиций, были предприняты серьезные усилия по проработке проблем, связанных с загрязненными территориями. После воссоединения с новыми землями бывшей Германской Демократической Республики внимание было сосредоточено на некоторых так называемых "горячих точках". При проведении приватизации бывших государственных предприятий остающаяся ответственность за прошлый экологический ущерб передавалась новым собственникам, но государство в таких случаях, как правило, оставляло за собой ответственность за нанесенный в прошлом ущерб через так называемое ведомство по управлению госимуществом (Treuhandaanstalt). Во многих случаях, по договорам о компенсации предусматривалось частичное или полное финансирование мероприятий по очистке загрязненных территорий, а в отдельных случаях работы по санитарной очистке финансировались из Федерального бюджета и бюджетов земель в рамках программ по повышению занятости. Эти программы имели целью проведение реконструкции таких территорий под новые виды функционального использования земельных участков, такие как, например, объекты инфраструктуры для использования в качестве коллективных площадок переработки и удаления отходов или озелененные зоны отдыха. Действующее законодательство в настоящее время представлено

Федеральным Законом о защите почв 1998 года и Указом об очистке загрязненных территорий. В этих законодательных актах предусмотрены меры по исследованию и проведению экологической экспертизы территорий с признаками загрязнений, загрязненных участков и случаев деградации почвы, равно как и меры по предупреждению распространения опасности посредством деконтаминации, локализации, защиты и ограждения территории, а также дополнительные требования по проведению исследований и планированию мероприятий по восстановлению отдельных участков. И, наконец, в них установлены триггерные значения, значения, требующие соответствующих контрмер, значения, требующие предупредительных мер и разрешенные дополнительные нагрузки загрязнения.

Акцент делается на ответственность частного сектора за финансирование мероприятий по охране окружающей среды и очистке загрязненных территорий. Государственные средства используются только для реабилитации территорий, загрязнителей которых либо невозможно установить, либо они неплатежеспособные. В соответствии с Законом о защите почв лицо, ответственное за загрязнение конкретного участка земли или его правоспособный преемник, равно как и собственник соответствующего объекта и его управляющий, обязаны обеспечить проведение работ по рекультивации почвы и очистке загрязненных участков земли, включая поверхностные водоемы и грунтовые воды. В законе Германии предусмотрено, что "лицо, ответственное за состояние объекта", т.е. текущий собственник участка земли, должен принять необходимые меры по рекультивации почвенного покрова, причем за свой счет, если загрязнение угрожает безопасности людей. Затраты на восстановительные мероприятия несут лица, которые обязаны по закону выполнять указанные работы.

В Нидерландах работы по очистке загрязненных территорий начались в 1980 году в небольшом городе Леккеркерк, где в городскую сеть системы водоснабжения 200 жилых домов, построенную поверх полигона для захоронения опасных отходов, начали проникать вредные вещества. В Распоряжении об очистке загрязненных территорий 1983 года предусматривались меры, которые должны были принять государственные органы при финансовой поддержке бюджетов всех уровней, т.е. местных, региональных и национального, а также устанавливались стандарты качества почвы (так называемые "показатели ABC"), чтобы определить, в каких случаях требуется выполнение восстановительных работ. В другом постановлении правительства, принятом в 1987 году, предписывались мероприятия, обоснованные конкретными нормативами, по проведению очистки загрязненных территорий с тем, чтобы возможно было использовать их в будущем. В 1997 в свете увеличивающихся затрат было принято стратегическое решение об изменении целей рекультивационных мероприятий, а именно о переходе от "многофункционального" подхода к видам использования "ориентированным на конкретную функцию" и к "экономически-обоснованной ремедиации". Сегодня в Нидерландах продолжается процесс пересмотра политики в области борьбы с загрязнением почвы (проект "BEVER") в целях ее большей интеграции, децентрализации и усиления роли частного сектора. Цель состоит в том, чтобы снизить затраты как государственного, так и частного сектора, связанные с проведением мероприятий по очистке, посредством определения тех мер по реабилитации почвы, которые смогут снизить риски до приемлемого уровня с учетом предполагаемого функционального использования конкретных участков. В Нидерландах также предполагается создать

некие схемы финансового стимулирования для привлечения дополнительных частных инвестиций в проекты восстановления загрязненных территорий. Подход, который использовался в Нидерландах, сводился к тому, чтобы возложить основную ответственность на загрязнителя и обязать его взять на себя затраты по очистке загрязненных территорий, признавая, при этом, что в отдельных случаях (т.е. если установить загрязнителя не представляется возможным) такую ответственность должен нести нынешний собственник. Смысл состоит в том, чтобы позволить правительственным структурам сосредоточить свое внимание на серьезных угрозах, которые требуют срочных мер, а также на тех территориях, по которым невозможно установить права собственности среди каких-либо частных лиц.

Временное распоряжение 1983 года предоставило правительственным структурам право подавать иск о взыскании затрат на очистку загрязненных территорий с частных или юридических лиц, которые своими неправомерными действиями вызвали загрязнение почвы. Правительство возбудило сотни исков по установлению вины с тем, чтобы взыскать затраты на очистку загрязненных территорий на том основании, что компании должны были знать о том, что конкретные виды хозяйственной деятельности создают угрозу загрязнения окружающей среды, и что непринятие надлежащих мер по предотвращению загрязнения почвы следует квалифицировать как основание для обвинения, даже несмотря на то, что на тот момент не были нарушены никакие законодательные акты. Верховный суд Нидерландов постановил, что ужесточенные нормы содержания объектов распространяются только на период до 1975 года, по крайней мере в части, касающейся территорий, собственниками которых являются загрязнители. Голландский опыт решения задач, связанных с очисткой территорий, отразился на возможностях передачи прав собственности на землю. Застройщики теперь обязаны проводить проверку участков на загрязнение и, при необходимости, производить очистку под государственным контролем. В результате в настоящее время экологические инспекции проводятся при заключении любой крупной сделки по слиянию или поглощению. Во избежание бюрократических заморочек некоторые компании самостоятельно предпринимают меры по очистке загрязненных.

До недавнего времени ЕС оставлял многие вопросы, относящиеся к загрязненным территориям, на усмотрение государств-членов и их правительств. На политической повестке дня ЕС вопросы защиты почв появились после Конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 году. До сих пор усилия, предпринимаемые ЕС в этой области, сосредотачивались на предупреждении загрязнения посредством таких законодательных актов как Директивы по интегрированной профилактике и ограничению загрязнения окружающей среды (ИПРС), на свалках отходов и, совсем недавно, отходах горнодобывающих предприятий. В 1996 году было создано Европейское бюро по защите почв в виде сети почвоведческих институтов, работа которого координируется секретариатом Совместного научно-исследовательского центра Комиссии в Испре (Италия). Шестой План действий в области защиты окружающей среды на 2001-2010 годы представил новое видение проблем защиты почв, а в 2002 году в рамках многолетнего процесса консультаций Комиссия выпустила свою Публикацию о защите почв. В этой публикации освещены несколько областей знаний, в которых ЕС мог бы внести свой позитивный вклад: координация сбора данных о почвах, разработка методик защиты почв и обмен опытом в области рекультивации почв. Эти темы будут впоследствии прорабатываться в рамках

Тематической стратегии защиты почв, которую Еврокомиссия предполагает подготовить в первой половине 2006 года. В указанной Тематической стратегии будет представлено предложение о подготовке Рамочной директивы по почвам, в рамках которой будет создана, помимо прочего, Европейская система информации о почвах. Для ряда стран-членов ЕС Европейская региональная политика является важным источником финансирования мероприятий по санитарной очистке загрязненных территорий, что является признанием того вклада, который может принести такая очистка в реконструкцию и хозяйственное использование пострадавших от загрязнения промышленных зон.

Вопросы ПЭУ (планово-экономического управления) остаются в категории основных приоритетов государственной политики в **Соединенных Штатах** с 1970-х годов, когда внимание общественности было привлечено к загрязнению, вызванному несколькими старыми полигонами по переработке и хранению отходов, которые создали существенную угрозу и для окружающей среды, и для здоровья людей, ставшую очевидной. С тех пор на уровне правительств штатов и Федеральной власти начала развиваться разветвленная система инструктивных указаний по регулированию, разработке программ очистки загрязненных территорий, финансированию, технологиям и методологии по разрешению этой проблемы. В таком качестве этот набор рекомендаций следует рассматривать как самый всеобъемлющий ответ на проблему ПЭУ в международном масштабе, хотя они и относятся к категории самых дорогостоящих и сложных для исполнения. Самым основополагающим элементом американской системы является Общий закон о воздействии на окружающую среду, компенсациях и ответственности (CERCLA) 1980 года с поправкой к нему, Закон об улучшении финансирования и перераспределению полномочий (SARA) 1986 года. Все эти законодательные акты и нормативно-правовая база, выработанная во исполнение их, обобщенно именуется "Законом о Суперфонде". Его главная цель состоит в создании нормативной базы для определения, оценки, приоритизации, проведения своевременной очистки и установления ответственности за затраты, связанные с очисткой загрязнений, вызванных любой хозяйственной деятельностью. В основном он применим к так называемым неактивным объектам, при всем при том, что загрязнение происходит в результате эксплуатации работающих объектов, которые регулируются нормативными актами, регламентирующими текущую деятельность в области охраны окружающей среды и обращения с отходами, особенно такими как Закон о сохранении и восстановлении ресурсов (RCRA), хотя во многих случаях имеет место и дублирование и параллелизм. Финансирование выполнения Закона о Суперфонде первоначально обеспечивалось за счет выборочного налогообложения продуктов нефтехимического производства и корпоративного налога на прибыль для использования на нужды экологии.

Первоначально интерес американской общественности к ПЭУ был вызван прямыми требованиями общества принять действенные меры, особенно из тех его слоев, интересы которых могли быть напрямую затронуты. Этот фактор остается значимым при наличии и поддержании активной заинтересованности и участия экологических и общественных НПО всех уровней в мероприятиях по очистке на объектах при определении участков и выполнении таких работ.

Подход к переуступке ответственности за прошлый экологический ущерб, избранный в США, состоит в том, что такая ответственность считается

"обязательной" (т.е. ответственность вне зависимости от установления факта нарушения), "солидарной" (т.е. может применяться сразу к нескольким лицам) и имеет обратную силу без каких-либо ограничений. Это означает, что виновными лицами, на которых можно было бы возложить обязанность оплатить мероприятия по очистке загрязненных территорий, или при условии возмещения затрат, если такие работы берет на себя правительство штата, можно считать любых лиц, которые участвовали в загрязнении. Как правило, к такой категории лиц можно отнести предприятия, производящие загрязняющие вещества (т.е. опасные отходы), операторов полигонов для переработки и удаления отходов, принимающих такие отходы, компании, транспортирующие их, и собственников (как текущих, так и бывших) территорий, которые оказались загрязненными. Применимость этого принципа имеет обратную силу и без учета стандартов, действовавших в то время. При этом, однако, существуют положения, в соответствии с которыми от ответственности освобождаются лица, которые в незначительной степени участвовали в загрязнении, а также кредиторы, равно как и ограничивается степень риска страховщиков. Практически это привело к следующему результату: виновные стороны, подверженные наибольшему риску, являются как раз лицами с "толстыми кошельками", т.е. теми производителями этих отходов, чью причастность к загрязнению легче всего установить, и у которых, как правило, имеются достаточные ресурсы. Что касается передачи прав собственности на землю и промышленные объекты, последствия таких сделок таковы, что продавец не сможет снять с себя ответственность посредством передачи прав собственности, но, при этом, покупатель, вероятно, может при заключении сделки принять на себя, по крайней мере, часть указанной ответственности.

Закон о Суперфонде и, в меньшей степени, различные программы, реализуемые на уровне штатов, также представляют собой существенную подпитку в плане финансирования приобретения техники для выполнения работ по очистке загрязненных территорий, методического обеспечения для оценки территорий и упорядочения восстановительных работ на реконструируемых участках. В США разработана комплексная система определения, оценки и учета загрязненных территорий. Американское Агентство по охране окружающей среды (EPA), также как и правительственные органы штатов, располагает полномочиями инициировать оценку любой территории с признаками потенциального загрязнения, и на основе официальной системы рейтинга уровней опасности внести такую территорию в Перечень национальных приоритетов (NPL), что автоматически означает обязательное проведение на ней восстановительных работ в соответствии с Законом о Суперфонде. На протяжении срока реализации этой программы в перечень NPL было внесено 1 529 участков земли, из которых 306 были исключены из списка после проведения мероприятий по очистке. Кроме того, в соответствии с Законом о Суперфонде было выполнено свыше 5 000 проектов по удалению загрязнений (на сумму около 2 миллионов долларов и со сроками реализации менее года), которые были связаны с вывозом отходов в другие места для переработки и захоронения, и это имело место либо при проведении операций по ликвидации чрезвычайных ситуаций, либо в порядке выполнения профилактических мероприятий. В настоящее время в перечне NPL находится 1 238 объектов, из которых 970 завершили этап строительства проектов очистки.

Согласно предварительным расчетам, проведенным в 1999 году, 3 000 дополнительных территорий нуждаются в экспертизе, и по Закону о Суперфонде

придется проводить работы по очистке загрязненных территорий примерно на 1 800 объектах. Разработана также система мониторинга состояния после очистных мероприятий или мониторинга в ходе долгосрочных очистных проектов, который становится все более распространенной практикой, как например, мониторинг в процессе очистки грунтовых вод *in situ*, которая может потребовать неопределенный период времени. Если судить по вышеприведенной статистике, эти процедуры могут распространяться на объекты, которые считаются загрязненными в существенной мере или требуют срочного проведения восстановительных работ. Первоначально применялись жесткие стандарты, которые имели целью попытаться восстановить исходное состояние объектов или, на самом деле, обеспечить полную очистку территорий от загрязнения. В результате это привело к широкой практике проведения восстановительных работ на основе оценки риска, которая требует принимать во внимание предполагаемый вид функционального использования и соответствующие ограничения на виды землепользования. Это происходило параллельно с развитием тенденции к локализации участков загрязнений на объектах вместо их удаления, и эта методика отражает соображения, связанные со снижением затрат, равно как и возможно более серьезные последствия удаления загрязнений с объекта, по сравнению с первоначальным состоянием. Наблюдается также тенденция к переходу к более долговременным технологиям очистки *in situ*, которые удлиняют временные параметры очистки и требуют более долгосрочных финансовых вложений. Общие затраты на решение проблем ПЭУ в США оцениваются примерно в сумме от 100 до 460 миллионов долларов за вычетом тех объектов, ответственность за которые возьмет на себя Федеральное правительство, и затраты на которые по предварительным оценкам составляют около 200 миллионов долларов.

В качестве примера можно привести подземные топливные хранилища распределительных систем, затраты на которые, согласно предварительным оценкам, составляют от 30 до 40 миллионов долларов. Хотя эти показатели можно считать высокими, все понимают, что такие затраты вполне подъемные с учетом масштабов экономики (менее 1% добавленной стоимости в промышленности) и, принимая во внимание то, что они разнесены на многие годы. Однако, примечательно то, что в некоторых отраслях промышленности, особенно в горнорудной, где окупаемость ниже средней, а затраты на очистку самые высокие, ПЭУ представляет собой большое препятствие на пути к экономическому прогрессу, причем она является самым крупным потребителем работ по очистке загрязненных территорий, оплачиваемых правительствами штатов. Средний уровень затрат на один объект согласно техническим предложениям составил примерно 30 миллионов долларов, а сроки – 8-12 лет на выполнение всего комплекса работ. Однако, примечательно, что проекты восстановительных работ на объектах, по которым ответственность на себя взяло Федеральное правительство, оцениваются в диапазоне от 50 до 100 миллионов долларов. И, наконец, чтобы закончить с затратами, по опыту США определилось три конкретных типа затрат, которые следует предусмотреть в любой системе обработки ПЭУ.

Кроме фактических затрат на работы по очистке загрязненных территорий (затраты, связанные с проектированием и выполнением восстановительных работ), следует иметь в виду операционные затраты, необходимые для определения виновных лиц с привлечением правовой системы и административные расходы на поддержание работоспособности нормативно-правовой системы.

1.2 Мониторинг как система наблюдений за влиянием на окружающую среду антропогенных факторов

Изучение и оценка негативных последствий антропогенных воздействий с целью их предотвращения или уменьшения ущерба является исключительно важной задачей, необходимой для реализации экономики, обеспечения здоровья населения.

Наблюдения в рамках системы мониторинга за действием основных антропогенных факторов и процессов, которые они обуславливают, объединяют в такие направления:

1. Наблюдения за **локальными источниками загрязнения** и загрязняющими факторами.
2. Наблюдения за состоянием окружающей природной среды для
 - **геофизических** (природные явления катастрофического характера: вулканы, землетрясения, цунами),
 - **химических** (химический состав атмосферных добавок, осадки, почвы, растения, пути распространения загрязнителей);
 - **физико-географических** (распределение суши, воды, рельеф, природные ресурсы, народонаселение, урбанизация);
 - **геохимических** (круговорот веществ, химические, шумовые загрязнения атмосферы) явлений, процессов и изменений с фиксированием соответствующих данных.
3. Наблюдение за состоянием биотической составляющей биосферы.

Дайте развернутый ответ

4. Наблюдения за реакцией крупных систем (климата, Мирового океана, биосферы). *Продолжите список примеров.*

Наиболее серьезные проблемы могут быть связаны с антропогенными воздействиями, которые характеризуются:

- 1) масштабностью проявления эффектов, вплоть до глобального охвата;
- 2) значительной инерционностью последствий;
- 3) остротой негативных последствий.

Среди глобальных экологических проблем, связанных с антропогенным воздействием, следует назвать проблему возможного изменения климата, риск нарушения озонового слоя, закисление природных сред за счет дальнейшего распространения окислов серы и азота и выпадения кислотных дождей, загрязнение Мирового океана.

Среди проблем глобального характера следует также отметить следующие: деградацию почв и опустынивание, утрату биологического разнообразия ряда регионов, сведение лесов, особенно тропических, подрыв живых ресурсов моря.

Уточните гибридность этих проблем.

Как взаимосвязаны эти процессы друг с другом?

Почему все же многие названные проблемы путают в обществе?

Перечень антропогенных факторов, влияющих на биосферу, здоровье и благосостояние населения

I. Факторы антропогенного воздействия

1. Выброс в биосферу химически и физически активных веществ.
2. Выброс в биосферу инертного материала (аэрозольных частиц и т. п.).
3. Прямой нагрев биосферы.
4. Физическое (механическое) воздействие, приводящее к изменению поверхности суши и растительного покрова (эрозия, вспашка, урбанизация, пожары).
5. Биологическое воздействие (развитие агроценозов, интродукция видов и т. д.).
6. Изъятие и уничтожение ресурсов (невозобновляемых и возобновляемых).
7. Антропогенные упорядоченные потоки вещества (транспортные).

Влияние на биосферу

II. Изменение свойств основных элементов биосферы

1. Изменение состава и свойств атмосферы (загрязнение, электропроводность, радиационные свойства).
2. Изменение состава и свойств вод суши (загрязнение, минерализация).
3. Изменение состава и свойств вод Мирового океана (загрязнение и др.).
4. Изменение состояния биоты как биогеофизической среды.
5. Изменение литосферы (механические нарушения, накопление отходов и др.).
6. Изменение криосферы.
7. Изменение свойств поверхности суши и почвы (целостности, кислотности, радиационных характеристик).
8. Изменение геофизических свойств крупных систем: климатической и биосферы в целом.

III. Геофизические и геохимические последствия и эффекты

1. Крупномасштабные изменения циркуляции в атмосфере и океане.
2. Изменение погоды и климата.
3. Перераспределение и изменение возобновимых небиологических ресурсов (водных, климатических)
4. Нарушение озонового слоя ионосферы (изменение прохождения УФ-излучения радиоволн).
5. Изменение прозрачности атмосферы, прохождения солнечного излучения.
6. Эрозия земной поверхности, изменение ее альбедо.
7. Нарушение естественных геохимических циклов, круговорота различных элементов.

IV. Экологические и биологические последствия, нарушения экосистем

1. Изменение земных и водных экосистем, нарушение их устойчивости.
2. Изменение экосистем океана (структурные упрощения и др.)
3. Генетические эффекты, перерождение.
4. Исчезновение существующих видов, появление новых.
5. Падение биопродуктивности, уменьшение коэффициента размножения и численности популяций, деградация лесов, опустынивание (биологический аспект).

6. Дегградация почв, опустынивание.
7. Изменение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов; истощение невозобновляемых ресурсов.
8. Изменение характера эволюции биосферы.

Влияние на здоровье и благосостояние населения

V. Влияние на здоровье и благосостояние человека, человеческой популяции

1. Понижение работоспособности.
2. Эстетический ущерб, ухудшение настроения.
3. Болезни, возникновение стрессового состояния.
4. Генетические эффекты.
5. Изменение продолжительности жизни.
6. Уменьшение темпа роста населения.
7. Уменьшение численности населения в различных масштабах.

VI. Социальные последствия

1. Изменение производства продуктов продовольствия, недоедание, голод.
2. Изменение структуры энергопотребления.
3. Изменение экономики.
4. Социальные последствия различных масштабов; ущерб благосостоянию, возможность нарушения развития общества.

Уникально и полисеманлично слово "загрязнение". Уточните, в каких случаях экологи-профессионалы используют этот термин.

В организации наблюдений активно используют авиационные и спутниковые способы. Полученные данные анализируют в динамике. Для этого важно иметь данные и начальном (фоновом) состоянии системы, в основном это состояние, которое поддерживалось до существенного влияния человека. Это состояние можно частично установить по результатам длительных наблюдений, а также по данным анализа состава донных отложений, ледниковых слоев, колец древесины, которые принадлежат к периоду, предшествующему интенсивному влиянию человеческого фактора на окружающую среду.

Из этого следует, что основной прикладной целью мониторинга является наблюдение за изменениями в экосистемах под действием человеческого фактора.

Организация наблюдений за состоянием природной среды

Идея создания природоохранной организации была выдвинута впервые на **VIII Всемирном зоологическом конгрессе**, который проходил в **1910** году в Вене, и поддержана участниками Бернской межправительственной конференции по охране природы (ноябрь, **1913** год), где был принят акт о создании Консультативной комиссии по вопросам международной охраны природы.

Однако первая Мировая война препятствовала созданию международной

специальной организации, и только в 1923 году во Франции на Первом Международном конгрессе по вопросам охраны среды была принята *резолюция о создании Консультативной комиссии*.

В 50-е годы гидрометеослужба СССР начала отслеживать радиоактивное загрязнение природной среды, а с 1963 года – загрязнение воздуха и водных объектов.

В 1972 году была организована Общегосударственная служба наблюдения и контроля за загрязнением природной среды, сформированная из подсистем, которые отслеживали загрязнение атмосферного воздуха, вод суши, морей и океанов, грунтов, фонового загрязнения разных сред (биосферы, заповедных территорий) на региональных и базовых станциях.

Организация такой службы была обусловлена интенсивным развитием народного хозяйства, в результате которого усилилось загрязнение окружающей среды.

Общегосударственная служба наблюдений и контроля выполняла такие **задачи**:

- наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы, водных объектов и почв по их физическим, химическим и гидробиологическим (для водных объектов) характеристикам;
- выявление источников загрязнения;
- оценивание эффективности мероприятий по защите от загрязнения объектов окружающей среды;
- обеспечение заинтересованных организаций оперативной и режимной информацией об изменении или возможном изменении уровня загрязнения объектов под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, а также прогнозами о возможных изменениях уровня загрязнения окружающей среды.

Главными принципами, на основе которых организовывается наблюдение за окружающей средой, являются:

- **комплексность**, которая предусматривает согласованную программу необходимых работ;
- **синхронность** функционирования всех систем наблюдений;
- **систематичность** наблюдений за состоянием окружающей среды и техногенными объектами;
- **согласованность** сроков проведения наблюдений с типовыми гидрометеорологическими ситуациями.

Распределение функций мониторинга в разных ведомствах приводит к дублированию усилий, снижению эффективности систем мониторинга и усложняет доступ граждан и государственных организаций к необходимой информации.

В связи с этим **создана Государственная система мониторинга окружающей среды**, которая определила общие задания разных служб для комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды.

** Рассказать о ее работе на современном этапе.*

1.2.1 Универсальная блок-схема функционирования системы мониторинга

Рассмотрим универсальную схему информационной системы контроля состояния природной среды, представленную на рисунке 1.

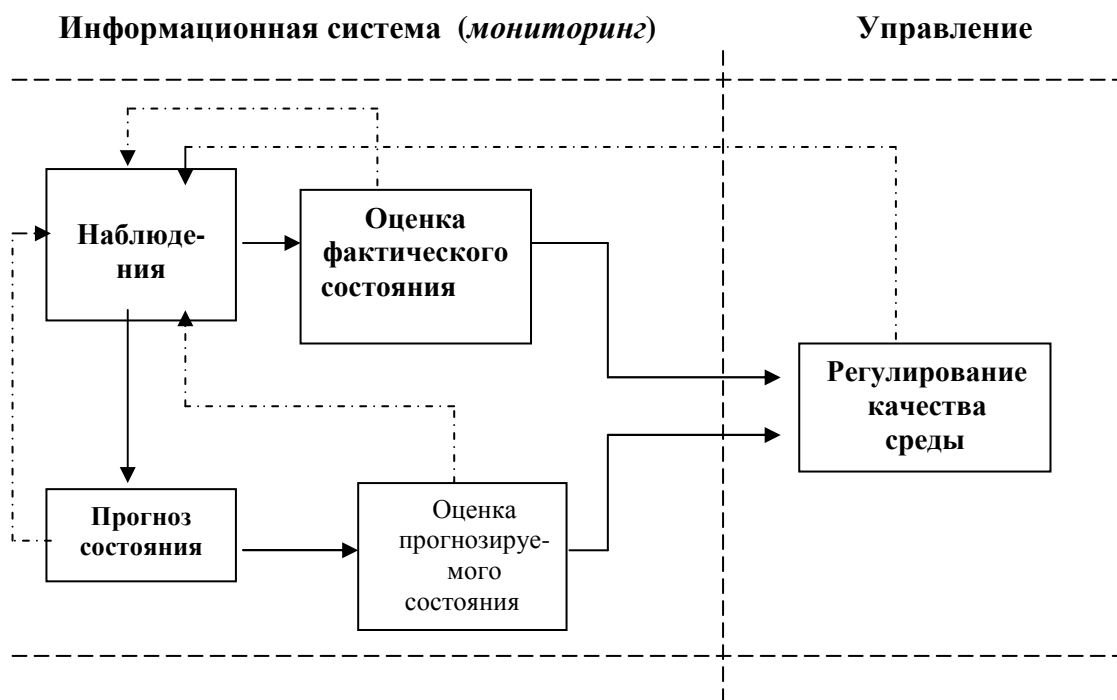


Рис. 1 – Универсальная блок-схема системы мониторинга окружающей среды (по Ю.А. Израэлю)

Наиболее универсальным подходом к определению структуры системы мониторинга антропогенных изменений природной среды является **разделение его на блоки**.

Блоки "**Наблюдения**" и "**Прогноз состояния**" тесно связаны между собой, т.к. прогноз состояния окружающей среды возможен лишь при наличии достаточно репрезентативной информации о фактическом состоянии (прямая связь).

Построение прогноза, с одной стороны, подразумевает **знание** закономерностей изменения состояния природной среды, а с другой стороны – направленность прогноза в значительной степени определяет структуру и состав наблюдательной сети (обратная связь).

Данные, характеризующие состояние природной среды и полученные в результате наблюдений или прогноза должны оцениваться в зависимости от того, в какой области человеческой деятельности они используются (с помощью специально выбранных критериев).

Почему такая схема является универсальной?

На примере научных работ студентов старших курсов (по их публикациям в сборниках конференций) рассмотрите предложенную схему как опорную для реализации их эксперимента.

Приведите примеры на опыте собственной научной работы.

1.2.2 Место мониторинга в системе управления состоянием природной среды

Рассмотрим схему, представленную на рисунке 2.

Элемент биосферы с уровнем состояния (Б), подвергаясь антропогенному воздействию (А), меняет свое состояние (Б → Б').

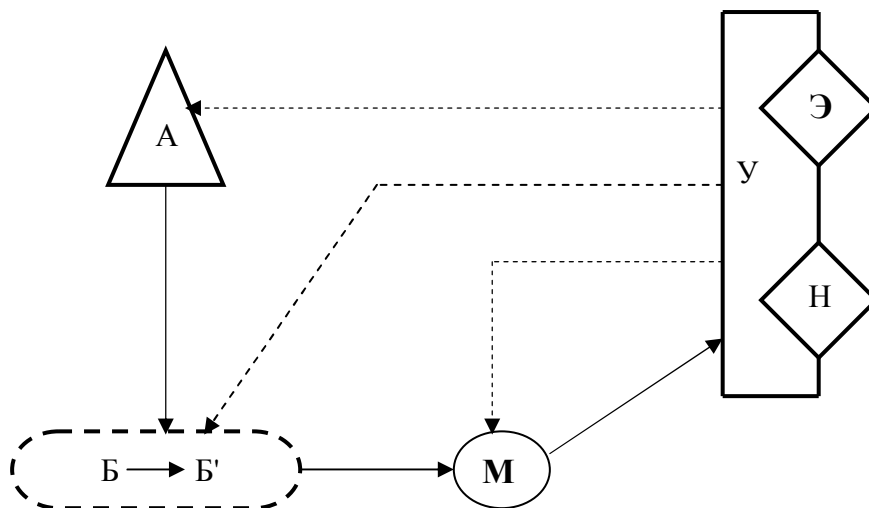


Рис. 2 – Локализация мониторинговых программ в системе управления состоянием природной среды (по Ю.А. Израэлю, с добавлениями Н.А. Клименко)

С помощью системы мониторинга (М) получается "фотография" этого измененного состояния, производится обобщение данных, анализ и оценка фактического и прогнозируемого состояния. Эта информация передается в блок управления (У) (блок принятия решений).

На основании этой информации в зависимости от уровня научно-технических разработок (Н) и экономических возможностей (Э) принимаются меры по ограничению или прекращению антропогенных воздействий, по профилактическому "укреплению" или последующему "лечению" элемента биосферы.

Совершенствуется также и система мониторинга (указанные действия показаны на схеме штриховыми линиями).

На схеме условно совмещены энергетические и информационные потоки.

Проанализируйте силу связей между элементами схемы.

На примере локальной и глобальной систем опишите конкретные примеры реализации предложенной схемы.

Каким образом принципы этой схемы могут быть востребованы специалистами неэкологических специальностей?

1.2.3 Структура компонентов системы мониторинга

На схеме (рисунок 3) представлена структура и классификация "ступеней" мониторинга.

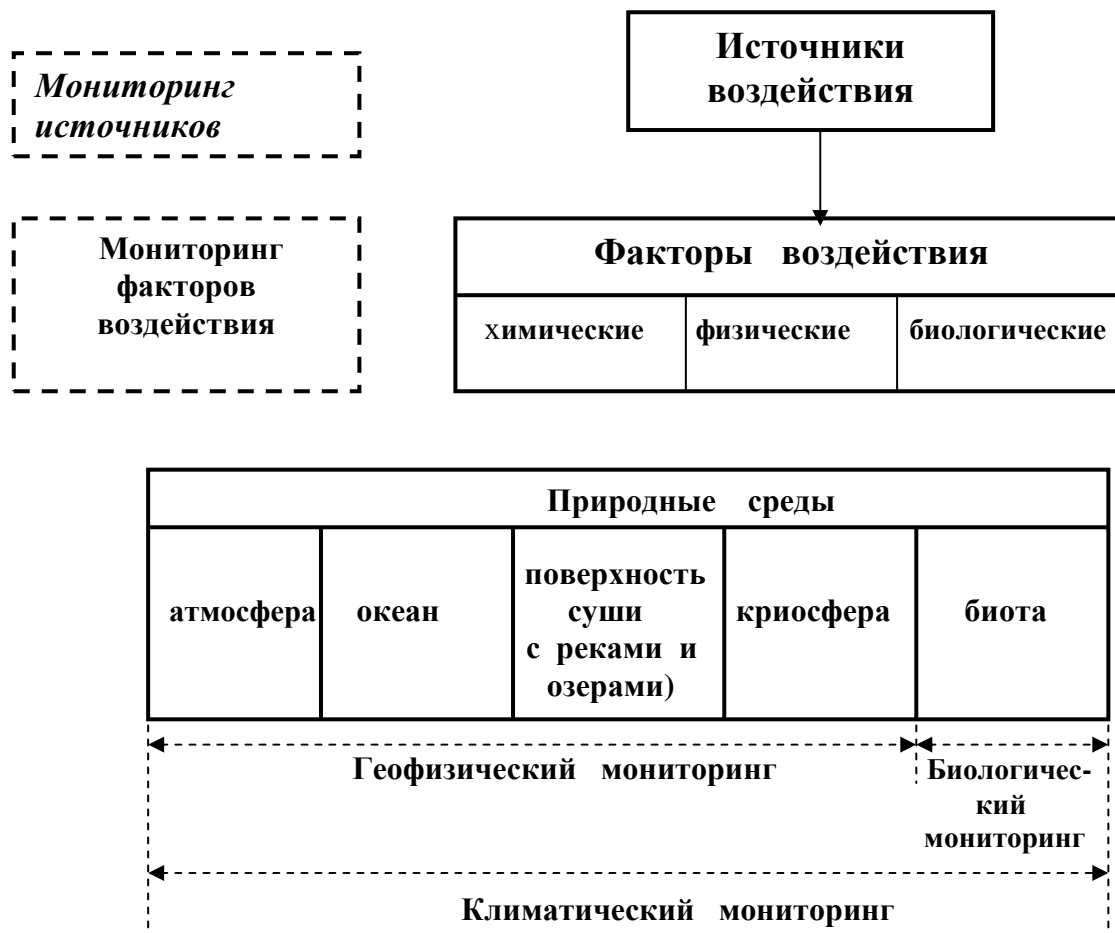


Рис. 3. Логико-структурная схема систем использования мониторинговых программ (по Ю.А. Израэлю, с модификациями)

Наблюдения за состоянием окружающей природной среды должны включать **наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия, за состоянием элементов биосферы** (за откликами живых организмов на воздействие, за изменением их структурных и функциональных показателей).

При этом подразумевается получение данных о первоначальном (фоновом) состоянии элементов биосферы.

При анализе схемы студент должен уметь приводить примеры каждого структурного элемента системы, указывать на границы между сферами компетенций составляющих наук, обосновывать расположение составляющих частей в этой схеме.

Какая из программ на современном этапе развития науки и техники является наиболее прогрессивной? Ответ обоснуйте.

1.3 Основные классификации видов экологического мониторинга

Принципы классификации экологического мониторинга:

- **пространственный,**
- **временной,**
- **по объекту слежения,**
- **по компонентам природы,**
- **по иерархии экосистем,**
- **по техническому обеспечению,**
- **по способам организации.**

Выделяются следующие разновидности мониторинга **по пространственному принципу**:

- локальный,
- региональный,
- национальный,
- глобальный.

Последний предполагает экологические исследования взаимодействия человека и природы в масштабах всей биосферы.

Национальный, как правило, подразумевает организацию мониторинга в пределах одного государства.

Довольно сложно однозначно определить масштабы **регионального мониторинга**. В нашей стране в нормативных документах экомониторинга как регион рассматривается отдельная административная область.

Существуют и более крупные по площади мониторинги акваторий и территорий межгосударственного уровня (Черное море, Альпы и т.п.) и внутригосударственного (Северное Причерноморье и пр.).

Локальный мониторинг включает изучение пространства одного источника при воздействии совокупности предприятий промышленной зоны, муниципального образования (города, района).

По объекту слежения мониторинги обычно классифицируют на

- фоновый (базовый),
- импактный,
- тематический,
- территориальный,
- акваториальный.

В рамках **фонового** мониторинга ведутся исследования, направленные на выявление природных закономерностей изменения природных компонентов и комплексов.

Под **импактным** мониторингом понимается наблюдение, оценка и прогноз состояния природной среды в районах расположения опасных и потенциально

опасных (например, АЭС, металлургические комбинаты) источников антропогенного воздействия.

Тематический мониторинг – мониторинг природных компонентов, объектов, например, лесных или особо охраняемых природных территорий. В значительной мере по явлениям и способам изучения отличается сеть наблюдений на суше и в водной среде.

Классификация **по иерархии экосистем** хорошо отражает малую проработанность вопросов пространственной организации экосистем в современной экологии.

Выделяют

– **микроэкосистемы** (обычно объекты масштаба отдельного дерева или его пня и т.п.),

– **мезоэкосистемы** (обычно объекты более крупные, чем предыдущие и вплоть до биомов) и, наконец,

– **макроэкосистемы**, под которыми понимают материки и океаны, мировые сушу и океан, биосферу.

По **природным компонентам** выделяют мониторинг:

- *геологический,*
- *атмосферный,*
- *гидрологический,*
- *геофизический,*
- *почвенный,*
- *лесной,*
- *биологический,*
- *геоботанический,*
- *зоологический.*

Обсудите четкость границ между компетенциями наук, ответственных за проведение разных вариантов мониторинговых программ.

Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения. Аналогично можно определить и другие компонентные мониторинги.

По применяемым техническим средствам мониторинги подразделяют на:

- **наземный,**
- **дистанционный** (авиационный и космический).

С учетом основных временных аспектов изучения состояния окружающей среды выделяют:

- **текущий** (исследуется современное состояние),
- **ретроспективный** (прошлое экосистем),
- **перспективный** (акцент делается на предсказаниях будущих изменений природы) мониторинги.

По организационным особенностям наблюдения выделяют:

- **международный,**

- *государственный,*
- *местный,*
- *общественный и*
- *ведомственный мониторинги.*

К международному относятся системы оценки прогноза, которые организованы межгосударственными организациями глобального характера, например, ООН или ее агентствами и комиссиями (ЮНЕСКО, ЮНЕП и т.п.).

Мониторинг может осуществляться государственными и муниципальными (местными) службами.

Наконец, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, отрасли ведут ведомственный мониторинг.

Экологический мониторинг могут организовать и отдельные физические лица, общественные объединения граждан.

Кроме вышеперечисленных возможны и другие разновидности классификаций.

Классификация систем мониторинга

В зависимости от характера поставленных задач и от масштабов исследований различают несколько видов мониторинга.

Наиболее универсальным является глобальный мониторинг, который подразумевает решение всех возникающих при этом задач и охватывает земной шар в целом.

Геофизический мониторинг

Этот вид мониторинга занимается определением реакции абиотической составляющей биосферы. Он собирает данные о загрязнении сред, мутности атмосферы, об изменениях метеорологических и гидрологических характеристик среды. Кроме того, этот вид мониторинга отслеживает элементы неживой составляющей биосферы, такие как конструкции, здания и сооружения, созданные человеком.

Биологический мониторинг

Основной своей задачей ставит определение состояния биотической составляющей биосферы. Он включает мониторинг живых организмов – популяций (по их числу, биомассе, плотности и др. функциональным и структурным признакам), подверженных воздействию. Этот вид мониторинга также должен включать наблюдения за состоянием здоровья человека, а также за наиболее чувствительными популяциями – индикаторами антропогенных изменений (например, лишайниками).

Экологический мониторинг

Он является более универсальным, поскольку охватывает вопросы и биологического и геофизического мониторинга в их тесной связи. Это особенно важно, когда наблюдения осуществляются на уровне экологических систем.

Несколько другую классификацию предложил академик **И.П. Герасимов**. Он подразделяет мониторинг на три ступени:

1. **Биоэкологический** (санитарно-гигиенический), включающий наблюдения за состоянием окружающей среды с точки зрения ее влияния на состояние здоровья человека.

2. **Геоэкологический** (геосистемный или природохозяйственный), распространяющийся на наблюдения за изменением природных экосистем, преобразованием их в природно-технические.

3. **Биосферный**, охватывающий наблюдения за параметрами биосферы в глобальном масштабе.

В зависимости от задач и масштабов исследования возможны и другие виды мониторинга, например, мониторинг различных сред, который включает:

– мониторинг приземного и верхних слоев атмосферы; мониторинг атмосферных осадков;

– мониторинг гидросферы (т.е. поверхностных вод суши – рек, озер, водохранилищ);

– мониторинг литосферы (в первую очередь – почвы).

Имеет место также мониторинг факторов воздействия, т.е. мониторинг различных загрязнителей (**ингредиентный** мониторинг) и других факторов воздействия, к которым можно отнести электромагнитные излучения, тепло, шумы. Кроме того, возможен мониторинг источников загрязнений и воздействий.

Среди источников воздействия и загрязнения, в первую очередь, следует выделить

– **точечные стационарные** (заводские трубы и т.д.),

– **точечные подвижные** (транспорт),

– **пространственные** (площадные – поля с внесенными химическими веществами, города и т.п.) источники.

Иногда целесообразно создание целенаправленных систем наблюдения для решения каких-либо специальных вопросов.

В настоящее время необходимо выделить несколько проблем глобального характера, имеющих исключительное значение для всего человечества в связи с возможными серьезными негативными последствиями.

Это проблемы загрязнения Мирового океана, нарушение озонового слоя атмосферы и возможного изменения климата Земли за счет антропогенных воздействий. В связи с этим возможна организация специальных систем мониторинга, таких как мониторинг океана, мониторинг озоносферы и климатический мониторинг.

Сведем **возможные классификации мониторинга** в единый перечень:

1) **универсальные системы** (Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг. Национальный мониторинг (например, в СССР Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения внешней среды). Межнациональный, "международный" мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ);

2) **реакция основных составляющих биосферы** (Геофизический мониторинг.

Биологический мониторинг, включая генетический. Экологический мониторинг (включающий вышеназванные);

3) **различные среды** (Мониторинг антропогенных изменений (включая загрязнения и реакцию на него) в атмосфере, гидросфере, почве, криосфере, биоте;

4) **факторы и источники воздействия** (Мониторинг источников загрязнений. Ингредиентный мониторинг (например, отдельных загрязняющих веществ, радиоактивных излучений, шумов и т.д.);

5) **острота и глобальность проблемы** (Мониторинг океана. Мониторинг озоносферы);

6) **методы наблюдений** (Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям. Спутниковый мониторинг (дистанционные методы);

7) **системный подход** (Медико-биологический (состояние здоровья) мониторинг. Экологический мониторинг. Климатический мониторинг. Вариант: биоэкологический, геоэкологический, биосферный мониторинг.

1.4 Экологические наблюдения

Экологические наблюдения – первичное и основное звено экологического мониторинга. Система слежения за окружающей природной средой включает наблюдения за источниками, факторами, компонентами, экосистемами и природно-антропогенными процессами.

Задачи наблюдений ресурсного обеспечения, гигиенического состояния среды обитания человека и природной среды существенно различаются.

Пространственные и динамические положения как основа сети наблюдений.

Наблюдательная сеть – система стационарных и подвижных пунктов наблюдений, в том числе постов, станций, лабораторий, центров, предназначенных для наблюдения за физическими и химическими процессами, происходящими в окружающей природной среде, определения ее метеорологических, климатических, гидрологических характеристик, а также для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, в том числе по биологическим показателям.

Стационарный пункт наблюдений за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнением – комплекс, включающий в себя земельный участок или часть акватории с установленными на них приборами и оборудованием, предназначенными для определения характеристик окружающей природной среды, ее загрязнения.

Организация и функционирование системы наблюдений осуществляются на основе разработанной **программы**.

Для анализа и прогноза экологической ситуации на глобальном, региональном и локальном уровнях необходимо знание географических, экологических, биологических процессов, различных антропогенных эффектов и ситуаций, их вызывающих. Система наблюдений позволяет получить объективные сведения о количественных параметрах антропогенных экосистем.

Создание сети наблюдений начинается с выявления и инвентаризации антропогенных источников и факторов воздействия на окружающую среду.

Получение исходных данных и их первичный анализ обеспечивает система фоновый мониторинг, которая в настоящее время существует в ряде стран. Считается созданной и система глобального мониторинга.

В рамках системы наблюдений должно быть организовано слежение за источниками антропогенного влияния, факторами, состоянием компонентов, состоянием экосистем и процессов (рисунок 4).

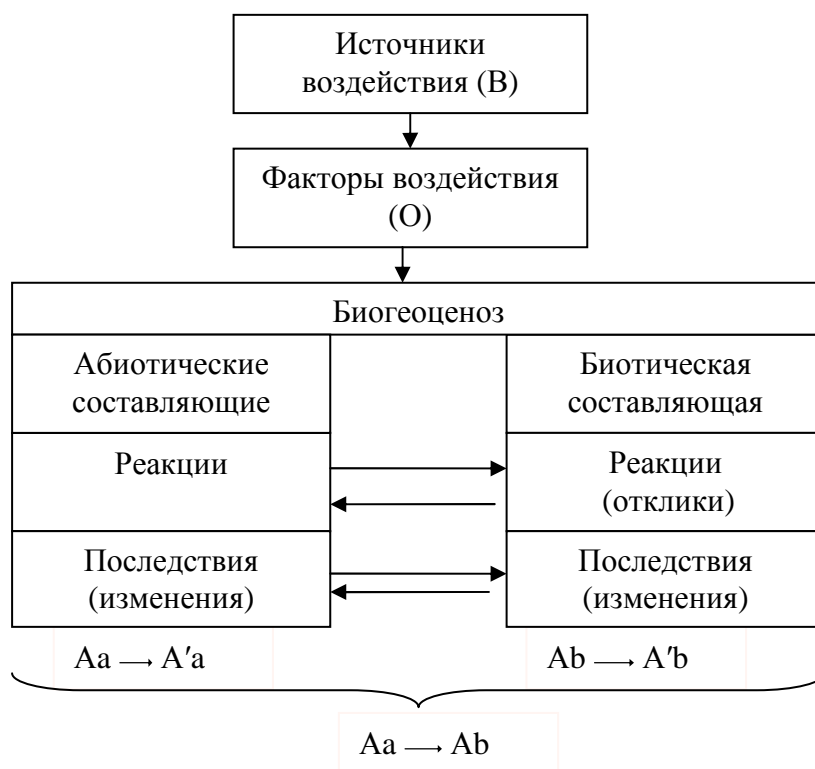


Рис. 4 – Последовательность природно-антропогенных изменений окружающей среды (по Ю.А. Израэлю с дополнениями):

Аа – абиотическая составляющая биогеоценоза;

Аб – биотическая составляющая биогеоценоза;

А'а, А'б – соответствующие состояния частей и в целом биогеоценоза в результате воздействия

Наблюдения, построенные по определенной схеме, для выполнения задач, изложенных выше, могут осуществляться по физическим, химическим, биологическим показателям.

Рассмотрите предложенную логико-структурную схему на конкретных примерах. Критически проанализируйте необходимость изучения этой темы.

В основе организации систем мониторинга учитываются общие **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ:**

1. **Структурно-организационный принцип** – система мониторинга любого уровня, являясь многоуровневой иерархической структурой, должна строиться с учётом взаимодействия с высшими системами и низшими подсистемами.

2. **Функциональный принцип** – мониторинг функционирует во времени как взаимосвязанная и взаимообусловленная система цепи постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления.

3. **Обучающий принцип** – с течением времени в системе работающего мониторинга качество прогнозов и эффективность управления должны закономерно улучшаться, система мониторинга во времени должна непрерывно совершенствоваться и строиться как «самообучающаяся» система.

4. **Пространственный принцип** – пространственная структура системы пунктов получения информации формируется в зависимости от вида мониторинга и определяется природными геологическими и инженерно-геологическими особенностями территории, типом и особенностями инженерных сооружений на ней, а также состоянием на ней экосистемы.

5. **Временной принцип** – частота наблюдений и сбора информации во времени в системе мониторинга полностью определяется динамикой наблюдаемых (изучаемых) процессов.

6. **Целевой принцип** – система любого мониторинга должна строиться с учётом достижения его конечной цели – оптимизации управления, что достигается на базе прогнозных оценок её развития путём выработки оптимальных управляющих решений и рекомендаций.

Из предложенных принципов выберите те, которые наиболее важны для грамотной организации работы студента над дипломным проектом.

Для каждого из шести обозначенных принципов нужно уметь приводить реальные примеры системы мониторинга на всех уровнях организации экологических программ.

Таким образом, основные цели экологического мониторинга состоят в обеспечении системы управления природоохранной деятельности своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем;
- выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются;

- создать предпосылки для определения мер по исправлению создающихся негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

1.4.1 Принципы организации экологических наблюдений

Для определения временных параметров состояния биосферы измерения должны повторяться через определенные интервалы времени, а по важнейшим характеристикам должны быть непрерывными.

Не меньшее значение имеет пространственная организация сети слежения. Она может быть построена на основе точечных измерений (на станциях), включая дистанционные наблюдения, или на основе площадных съемок и получения интегральных показателей; возможно и целесообразно комбинированное использование этих способов.

При рассмотрении и анализе результатов важно выделить изменение состояния среды, реакцию биоты на эти изменения, происходящие вследствие антропогенного воздействия. Для этого важно знать первоначальное состояние среды (а лучше – ретроспективу его состояния), т.е. состояние до существенного вмешательства человека. Это первоначальное состояние можно частично восстановить по результатам районных наблюдений, ведущихся длительное время, а также анализа состава донных отложений, ледниковых слоев, древесных колец, относящихся к периоду, предшествующему заметному влиянию человека на природную среду.

Если отсутствуют достоверные ретроспективные сведения, обычно применяют метод выделения контрольного района. Особенно часто он применяется при локальных и краткосрочных обследованиях. Сущность такого метода заключается в нахождении максимально сходной экосистемы с изучаемой. Сходны должны быть абиотические параметры, биотические составляющие, фоновая антропогенная нагрузка. Отличия касаются лишь наличия определенного изучаемого антропогенного воздействия на экосистему.

Необходимо отметить, что контрольных районов должно быть не менее двух, что важно для достоверного определения антропогенных изменений, их отличия от природных флуктуаций какого-либо показателя.

Система наблюдений должна обеспечивать репрезентативность данных в пространстве и времени.

Применяется сплошное или выборочное обследование (выборка).

Случайный (рандомизированный) выбор расположения станций или случайность отбора проб предполагают независимость каждой пробы от всех остальных. Ограниченно рандомизированный подход – совокупность предыдущих методов. Он эффективно реализуется путем наложения на объект какой-либо строго симметричной сетки.

Для достоверности получаемой информации необходимо применение способов и сбора, которые обеспечивают адекватность экологическому процессу, нейтральность метода по отношению к объекту определения.

Комплекс антропогенных факторов, влияющих на состояние окружающей человека среды, на здоровье населения, исключительно разнообразен: сюда включается загрязнение природных сред различными химическими веществами, физическое воздействие.

1.4.2 Организация и программа экологических наблюдений

Система слежения за антропогенным воздействием (например, как в таблице 1) на окружающую природную среду должна базироваться на учете:

- источников антропогенного воздействия;
- факторов антропогенного воздействия;
- изменения компонентов природы;
- изменения комплексов природы;
- природно-антропогенных процессов и явлений;
- социальных и гигиенических последствий.

Табл. 1 – Классификация состояний природной среды и здоровья населения, реакций природных систем, источников и факторов воздействия, охватываемых системой мониторинга (по Ю.А. Израэлю)

Раздел наблюдений	Классификация
А. Источники и факторы воздействия	А.1. Источники загрязнений и воздействий А.2. Факторы воздействия
Б. Состояние окружающей среды	Б.1. Состояние среды, характеризуемое физическими и физико-географическими данными Б.2. Состояние среды, характеризуемое геохимическими данными, данными о составе и характере загрязнений
В. Состояние биотической составляющей биосферы	В.1. Реакция биоты – отклики и последствия: а) у отдельного организма б) у популяции в) у сообщества и экосистемы
Г. Реакция крупных систем и биосферы в целом	Г.1. Реакция крупных систем (погода и климат) Г.2. Реакция биосферы в целом
Д. Состояние здоровья и благосостояние населения	Рождаемость, смертность, заболеваемость и т.п.

Разработка программы, как правило, заканчивается ее согласованием и утверждением в контролирующих государственных органах и учреждениях государственного и регионального подчинения.

Качественная поэтапная разработка программы наблюдений позволяет создать сеть слежения, которая способствует полноценному изучению природно-антропогенных процессов. Длительный экологический мониторинг, анализ работы позволяют выделить ошибки, которые возникают наиболее часто при ведении наблюдений.

Установлено, что так называемые типичные экосистемы контрольных районов не соответствуют фоновым параметрам по природной или антропогенной составляющей.

Этапы системного составления программ экологических наблюдений:

- 1) инвентаризация источников антропогенного воздействия;
- 2) составление перечня параметров и мест наблюдений за источниками антропогенного воздействия;
- 3) определение факторов антропогенного воздействия;
- 4) составление перечня параметров и мест наблюдений за факторами антропогенного воздействия;
- 5) составление перечня параметров и мест наблюдений за природными компонентами;
- 6) составление перечня параметров и мест наблюдений за природными комплексами;
- 7) определение объекта наблюдения;
- 8) генерализация перечня наблюдаемых параметров;
- 9) определение используемых методик;
- 10) определение периодичности отбора проб;
- 11) обоснование программы наблюдений;
- 12) составление картосхемы площадок наблюдений;
- 13) составление таблиц программы наблюдений.

Весьма вероятно использование при реализации ведомственных и государственных программ наблюдений различных методик отбора и анализа проб.

Нарушение пропорции времени и пространства в размещении станций слежения также приводит к получению недостоверных результатов.

Система наблюдений – первичное и наиболее важное звено мониторинга, ее цель – получение репрезентативной (достоверной) информации о природно-антропогенных процессах. Без этого невозможно полноценное выполнение остальных стадий мониторинга (оценки, прогноза, контроля).

Приоритетные загрязняющие вещества и особенности их наблюдения

Приоритетные загрязняющие вещества – это вещества, наличие и содержание которых в окружающей среде в первую очередь подлежит наблюдению и контролю при проведении мониторинга на данной территории.

При отнесении конкретного загрязняющего вещества к приоритетным учитываются следующие критерии:

- 1) отрицательное воздействие данного вещества на здоровье человека и его потомства или на состояние экосистемы в целом;
- 2) способность данного вещества накапливаться в тканях растений, животных или человека;
- 3) подвижность данного вещества в окружающей среде; способность мигрировать из одной природной среды в другую (например, из почвенных горизонтов – в грунтовые воды);
- 4) величина объема и частота поступления данного вещества в окружающую среду.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Порядок предоставления и хранения информации о состоянии окружающей среды

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

- общедоступная информация;
- информация режимного пользования.

Общедоступная информация открыта для широкого круга потребителей; как правило, это информация достаточно общего характера, не содержащая узкоспециальных терминов и количественных характеристик. Например, общедоступными являются данные о метеорологических параметрах и общем уровне загрязнения атмосферного воздуха, регулярно публикующиеся в прогнозах погоды.

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

Кроме того, информация, накопленная в ходе мониторинга, подразделяется на бесплатную и коммерческую. К коммерческой, то есть предоставляемой за плату, относится режимная информация с грифом «ДСП».

Общедоступная же и секретная информация предоставляются бесплатно, однако для получения секретной информации необходимо иметь соответствующий уровень допуска.

Весь массив многообразных данных, накапливаемый в ходе мониторинга, размещается, систематизируется и хранится на трех иерархических уровнях. На уровне локального и регионального мониторинга собранная информация хранится в РИЦЭМах, оттуда она передается в Российский фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды (РФИ МПР РФ).

Постоянный доступ к базам данных фонда имеют городские, районные, краевые и областные комитеты по экологии и охране окружающей среды.

Запрошенная ими информация может быть передана им как в виде статистических данных, так и в виде графиков, диаграмм или экологических карт.

Проект системы мониторинга среды обитания

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

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

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

В отношении природных компонентов в первую очередь мониторингу подлежат атмосферный воздух (так как его качество оказывает влияние на абсолютно все категории местного населения) и вода пресноводных водоемов (поскольку она зачастую используется для питья).

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

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

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

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

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

1.4.3 Автоматизация мониторинга среды обитания

Особенности использования технических и программных средств при ведении мониторинга зависят от размеров территории, охваченной сетью наблюдательных пунктов. На уровне локального (импактного) мониторинга используются следующие средства автоматизации.

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

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

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

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

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

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

На уровне глобального мониторинга информация, переданная из

вычислительных центров при РИЦЭМах, накапливается и хранится в банках и базах данных о состоянии и загрязнении отдельных компонентов окружающей среды данного государства (или крупного региона). Большинство этих баз являются реляционными (на основе dBASE). Пользователями этих банков и баз являются специалисты по экологии, природопользованию, ликвидации чрезвычайных ситуаций, инспектора по охране окружающей среды. Передача данных в этом случае происходит от главного вычислительного центра к автоматизированному рабочему месту конкретного специалиста, установленное в конкретной организации. Как правило, пользователям предоставляются различные уровни доступа; чем выше уровень доступа, тем обширнее и детальнее будут предоставленные ему экологические данные. В банках и базах экологических данных обязательно предусмотрена защита от несанкционированного доступа на всех уровнях.

Основная цель всякой программы мониторинга – **информационная**.

Это получение новой информации, устранение той или иной неопределенности или, напротив, выявление недостатка информации. Поэтому естественным образом **цель** программы общественного мониторинга может быть направлена на:

1. Получение информации, связанной с конкретной проблемой;
2. Представление информации для различных типов аудитории (заинтересованной общественности, администрации и сотрудников предприятия, государственных органов) и ее распространение;
3. Принятие мер, непосредственно направленных на улучшение ситуации или стимулирование принятия соответствующих решений.

Под **задачами** мы понимаем конкретные действия или этапы на пути достижения цели. В рамках грамотно составленной программы не может быть задач, выходящих за пределы цели, не имеющих к ней отношения и т.п.

Поэтому на основе поставленной цели следует определить **приоритеты – объекты мониторинга и определяемые параметры**. Объекты могут быть как антропогенными, так и природными. Например, если цель программы связана с совершенствованием экологической результативности предприятия, то выбор объектов может осуществляться с учетом особенностей технологических процессов, сложившейся схемы работы с сырьем и материалами, принятых управленческих решений.

Если же цель состоит в уточнении картины и причин загрязнения реки, то выбор объекта может выглядеть как определение предприятия или конкретного места выпуска сточных вод, на котором будут сконцентрированы усилия по мониторингу.

Если проблему представляет состояние окружающей среды в загрязненном городском районе, определение приоритетов может начаться с выбора природной среды для мониторинга – атмосферы, воды, почвы, снежного покрова. Выбор объекта в некоторых случаях однозначно вытекает из поставленной проблемы, а иногда представляет собой содержательную и нетривиальную задачу. Поэтому целесообразно для правильной формулировки программы привлекать квалифицированных специалистов.

Сначала на основе поставленных целей выбираются **объекты** мониторинга, а затем определяемые **параметры, они должны быть приоритетными**. Однако возможен и обратный порядок, например, когда заранее известно, что проблема связана с определенным веществом (например, с ртутным загрязнением). Существующие классы приоритетов установлены экспертным путем и приняты в системе ГСМОС (Государственная система мониторинга окружающей среды).

2 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА ЗАКОН ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Принят Постановлением Народного Совета 30.04.2015

Глава 10. Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг)

Статья 63. Организация государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)

1. Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) осуществляется в соответствии с законодательством Донецкой Народной Республики в целях наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду, а также в целях обеспечения потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации, необходимой для предотвращения и (или) уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды.

2. Порядок организации и осуществления государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга) устанавливается Советом Министров Донецкой Народной Республики.

3. Информация о состоянии окружающей среды, ее изменении, полученная при осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга), используется органами государственной власти Донецкой Народной Республики, органами местного самоуправления для разработки прогнозов социально-экономического развития и принятия соответствующих решений, разработки государственных и целевых программ в области экологического развития и охраны окружающей среды Донецкой Народной Республики, мероприятий по охране окружающей среды.

Порядок предоставления информации о состоянии окружающей среды регулируется законодательством Донецкой Народной Республики.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года
Одобен Советом Федерации 26 декабря 2001 года

Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017) Глава X. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)

(в ред. Федерального закона от 21.11.2011 N 331-ФЗ)

Статья 63. Осуществление государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)

Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) осуществляется в рамках единой системы государственного

экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), а также создания и эксплуатации уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти государственным фондом данных.

Статья 63.1. Единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)

1. **Единая система государственного экологического мониторинга** (государственного мониторинга окружающей среды) создается в целях обеспечения охраны окружающей среды.

2. **Задачами единой системы государственного экологического мониторинга** (государственного мониторинга окружающей среды) являются:

– регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды;

– хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды;

– анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;

– обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

3. **Единая система государственного экологического мониторинга** (государственного мониторинга окружающей среды) включает в себя **подсистемы**:

– государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды;

– государственного мониторинга атмосферного воздуха;

– государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации;

– государственного мониторинга земель;

– государственного мониторинга объектов животного мира;

– государственного лесопатологического мониторинга;

– государственного мониторинга воспроизводства лесов;

(абзац введен Федеральным законом от 12.03.2014 N 27-ФЗ)

– государственного мониторинга состояния недр;

– государственного мониторинга водных объектов;

– государственного мониторинга водных биологических ресурсов;

– государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации;

- государственного мониторинга исключительной экономической зоны Российской Федерации;
- государственного мониторинга континентального шельфа Российской Федерации;
- государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал;
- государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания.

4. Федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды, федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на ведение подсистем единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), в соответствии с федеральными законами **осуществляются:**

- поиск, получение (сбор), хранение, обработка (обобщение, систематизация) и анализ информации о состоянии окружающей среды, происходящих в ней процессах, явлениях, об изменениях состояния окружающей среды;
- поиск, получение (сбор), хранение, обработка (обобщение, систематизация) и анализ информации об объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, о характере, видах и об объеме такого воздействия;
- оценка состояния окружающей среды и прогнозирование его изменений под воздействием природных и (или) антропогенных факторов;
- определение связей между воздействием природных и (или) антропогенных факторов на окружающую среду и изменениями состояния окружающей среды;
- выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на окружающую среду и направление их в органы государственной власти, органы местного самоуправления, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям;
- направление в органы государственной власти, уполномоченные на осуществление государственного контроля (надзора), и правоохранительные органы информации о нарушении нормативов в области охраны окружающей среды вследствие воздействия природных и (или) антропогенных факторов и предложений об устранении таких нарушений;
- направление в органы государственной власти, органы местного самоуправления предложений для их учета при подготовке документов территориального планирования и (или) предложений об изменении указанных документов в целях формирования благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, обеспечения охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах нынешнего и будущего поколений;
- выпуск экстренной информации о необходимости снижения негативного воздействия на окружающую среду природных и (или) антропогенных факторов;
- оценка эффективности проводимых природоохранных мероприятий;
- создание и эксплуатация баз данных информационных систем в области охраны окружающей среды;
- хранение информации о состоянии окружающей среды, о происходящих в ней процессах, явлениях, об изменениях состояния окружающей среды и предоставление этой информации органам государственной власти, органам местного самоуправления, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям,

гражданам.

Статья 63.2. Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)

1. Государственный фонд данных является федеральной информационной системой, обеспечивающей сбор, обработку, анализ данных и включающей в себя:

– информацию, содержащуюся в базах данных подсистем единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды);

– результаты производственного контроля в области охраны окружающей среды и государственного экологического надзора;

– данные государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

2. Создание и эксплуатация государственного фонда данных осуществляются в соответствии с настоящим Федеральным законом, законодательством Российской Федерации об информации, информационных технологиях и о защите информации и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

3. Федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные на осуществление государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), а также органы государственной власти субъектов Российской Федерации, участвующие в осуществлении государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), обязаны направлять получаемую в ходе осуществления соответствующего мониторинга информацию в государственный фонд данных.

4. Порядок создания и эксплуатации государственного фонда данных, перечень видов включаемой в него информации, порядок и условия ее представления, а также порядок обмена такой информацией устанавливается Правительством Российской Федерации.

5. Информация, включаемая в государственный фонд данных, подлежит использованию органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, гражданами при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

6. Информация, включенная в государственный фонд данных, предоставляется органам государственной власти, органам местного самоуправления, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, гражданам в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

7. Информация, включаемая в государственный фонд данных и свидетельствующая об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации, в том числе стихийного бедствия, а также о состоянии окружающей среды в границах зон чрезвычайных ситуаций, подлежит незамедлительному представлению в единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

8. Информация, включаемая в государственный фонд данных и свидетельствующая о возможном вредном воздействии на человека состояния окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, подлежит незамедлительному направлению в органы, уполномоченные осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

9. Обмен информацией в рамках единой системы государственного

экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), а также между единой системой государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и органами, уполномоченными осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, предоставление такой информации органам государственной власти, органам местного самоуправления, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, гражданам осуществляются на безвозмездной основе.

10. На основе информации, содержащейся в государственном фонде данных, уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти подготавливает ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды, порядок подготовки и распространения которого устанавливается Правительством Российской Федерации.

Утверждено постановлением Правительства
Российской Федерации от 9 августа 2013 г. N 681

2.1 ПОЛОЖЕНИЕ О ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ (ГОСУДАРСТВЕННОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ) И ГОСУДАРСТВЕННОМ ФОНДЕ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)

Список изменяющих документов
(в ред. Постановления Правительства РФ от 10.07.2014 N 639)

1. Настоящее Положение устанавливает порядок осуществления государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) (далее - государственный экологический мониторинг), порядок организации и функционирования единой системы государственного экологического мониторинга (далее - единая система мониторинга), порядок создания и эксплуатации государственного фонда данных государственного экологического мониторинга (далее - государственный фонд), перечень видов информации, включаемой в государственный фонд, порядок и условия предоставления включаемой в него информации, а также порядок обмена такой информацией.

2. Государственный экологический мониторинг осуществляется

- Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации,
- Министерством сельского хозяйства Российской Федерации,
- Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,
- Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии,
- Федеральным агентством лесного хозяйства,
- Федеральным агентством по недропользованию,
- Федеральным агентством водных ресурсов,
- Федеральным агентством по рыболовству,

– федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление использованием атомной энергии,
– органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и
– Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом" в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, путем создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы мониторинга, а также создания и эксплуатации Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации государственного фонда.

(в ред. Постановления Правительства РФ от 10.07.2014 N 639)

3. Создание и обеспечение функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы мониторинга осуществляется:

а) Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с участием федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных на осуществление государственного экологического мониторинга, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом" в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, - в части государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, государственного мониторинга атмосферного воздуха, государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, государственного мониторинга исключительной экономической зоны Российской Федерации, государственного мониторинга континентального шельфа Российской Федерации, государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации и государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал;

(в ред. Постановления Правительства РФ от 10.07.2014 N 639)

б) Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии с участием органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, - в части государственного мониторинга земель (за исключением земель сельскохозяйственного назначения);

в) Министерством сельского хозяйства Российской Федерации - в части государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения;

г) Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации - в части государственного мониторинга объектов животного мира и государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания с участием органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации;

д) Федеральным агентством лесного хозяйства - в части государственного лесопатологического мониторинга;

е) Федеральным агентством по недропользованию - в части государственного мониторинга состояния недр;

ж) Федеральным агентством водных ресурсов - в части государственного мониторинга водных объектов с участием Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Федерального агентства по

недропользованию, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации;

з) Федеральным агентством по рыболовству - в части государственного мониторинга водных биологических ресурсов.

4. Общая координация работ по организации и функционированию единой системы мониторинга осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

5. Создание государственного фонда осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, являющимся государственным оператором государственного фонда (далее - оператор), с участием Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, Федерального агентства лесного хозяйства, Федерального агентства по рыболовству, Федерального агентства водных ресурсов и Федерального агентства по недропользованию.

6. Государственный фонд является федеральной информационной системой, обеспечивающей сбор, обработку и анализ данных, а также включающей в себя:

а) данные, содержащиеся в базах данных подсистем единой системы мониторинга;

б) результаты производственного контроля в области охраны окружающей среды и государственного экологического надзора;

в) данные государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

7. В целях формирования государственного фонда федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, предоставляют оператору следующую информацию:

а) Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга в рамках подсистем единой системы мониторинга, указанных в подпункте "а" пункта 3 настоящего Положения;

б) Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга земель (за исключением земель сельскохозяйственного назначения);

в) Министерство сельского хозяйства Российской Федерации - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения;

г) Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга объектов животного мира и государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания, находящихся на особо охраняемых природных территориях федерального значения;

д) Федеральное агентство лесного хозяйства - информацию, полученную при осуществлении государственного лесопатологического мониторинга;

е) Федеральное агентство по недропользованию - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга состояния недр;

ж) Федеральное агентство водных ресурсов - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга водных объектов;

з) Федеральное агентство по рыболовству - информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга водных биологических ресурсов;

и) Федеральная служба по надзору в сфере природопользования - информацию о результатах федерального государственного экологического надзора и производственного контроля в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности на объектах, подлежащих федеральному государственному надзору, а также о результатах государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду;

к) органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации - информацию о результатах регионального государственного экологического надзора и производственного контроля в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности на объектах, подлежащих региональному государственному экологическому надзору, а также информацию, полученную при осуществлении государственного мониторинга объектов животного мира и государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания, находящихся на территории субъектов Российской Федерации.

8. Информация, включаемая в государственный фонд, является общедоступной, за исключением информации, доступ к которой ограничен законодательством Российской Федерации об информации, информационных технологиях и о защите информации, о государственной тайне, о коммерческой тайне и иной охраняемой законом тайне.

В государственный фонд включаются виды информации по перечню согласно приложению.

Требования к формату и содержанию информации, включаемой в государственный фонд, срокам ее предоставления определяются Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти.

9. Предоставление информации, включаемой в государственный фонд, обмен этой информацией между единой системой мониторинга, единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и органами, уполномоченными осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, осуществляются на безвозмездной основе с использованием единой системы межведомственного электронного взаимодействия в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2010 г. N 697.

10. Доступ федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления к информации, содержащейся в государственном фонде, осуществляется на безвозмездной основе посредством единой системы межведомственного электронного взаимодействия.

Доступ физических и юридических лиц к информации, содержащейся в государственном фонде, обеспечивается путем ее размещения на официальном сайте государственного фонда в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", а также с использованием федеральной государственной информационной системы "Единый портал государственных и муниципальных услуг (функций)".

Доступ к содержащейся в государственном фонде информации, доступ к которой

ограничен федеральными законами, обеспечивается пользователям, подтвердившим наличие у них права доступа к соответствующей информации путем представления оператору документов, предусмотренных законодательством Российской Федерации о государственной тайне, о коммерческой тайне или иной охраняемой законом тайне.

Приложение

**ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ ИНФОРМАЦИИ, ВКЛЮЧАЕМОЙ В
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ФОНД ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (ГОСУДАРСТВЕННОГО
МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)**

1. Информация, содержащаяся в базах данных подсистем единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), в части:

а) государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, государственного мониторинга атмосферного воздуха, государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации, государственного мониторинга внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, государственного мониторинга исключительной экономической зоны Российской Федерации, государственного мониторинга континентального шельфа Российской Федерации и государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал:

– результаты наблюдений за состоянием и загрязнением атмосферного воздуха, почв, поверхностных вод водных объектов, включая морскую среду и донные отложения (по физическим, химическим и гидробиологическим показателям) внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации, исключительной экономической зоны Российской Федерации и континентального шельфа Российской Федерации, а также за радиационной обстановкой на территории Российской Федерации;

– результаты оценки состояния и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод водных объектов, почв и радиационной обстановки на территории Российской Федерации по результатам наблюдений;

– прогноз состояния и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод водных объектов, почв и радиационной обстановки на территории Российской Федерации;

– результаты оценки объемов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов и радиационной обстановки на территории Российской Федерации;

б) государственного мониторинга земель:

– результаты сбора информации о состоянии земель, наблюдений за использованием земель исходя из их целевого назначения и разрешенного использования;

– результаты анализа и оценки качественного состояния земель с учетом воздействия природных и антропогенных факторов, оценки изменения состояния земель по результатам наблюдений;

– прогноз изменения состояния земель, последствий негативных процессов;

в) государственного мониторинга объектов животного мира:

- результаты наблюдений за состоянием объектов животного мира (в том числе перечни видов объектов животного мира, обитающих в каждом субъекте Российской Федерации), численность объектов животного мира, сведения о параметрах состояния объектов животного мира, сведения о состоянии, структуре, качестве и площади среды обитания животного мира;
- результаты оценки состояния животного мира по результатам наблюдений;
- прогноз состояния животного мира и состояния среды обитания;

г) государственного лесопатологического мониторинга:

- результаты наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов, в том числе очагами вредных организмов, отнесенных к карантинным объектам;
- результаты анализа и оценки санитарного и лесопатологического состояния лесов по результатам выполненных наблюдений;
- прогноз санитарного и лесопатологического состояния лесов;

д) государственного мониторинга состояния недр:

- результаты наблюдений за состоянием недр;
- результаты учета состояния недр по объектам недропользования, запасов подземных вод и их движения;
- результаты анализа и оценки состояния недр по результатам наблюдений;
- прогноз развития природных и техногенных процессов, влияющих на состояние недр;

е) государственного мониторинга водных объектов:

- результаты наблюдений за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохраных зон;
- результаты наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также результаты наблюдений за объемом вод при водопотреблении и водоотведении;
- результаты оценки состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений, по результатам наблюдений;
- прогноз изменения состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений;

ж) государственного мониторинга водных биологических ресурсов:

- результаты регулярных наблюдений за распределением, численностью, качеством и воспроизводством водных биологических ресурсов, являющихся объектами рыболовства, а также за средой их обитания;
- результаты регулярных наблюдений за рыболовством и сохранением водных биологических ресурсов;
- результаты оценки состояния, распределения, численности, качества и

воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания;

– прогноз изменения состояния, распределения, численности, качества и воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания под воздействием природных и антропогенных факторов;

з) государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания:

– результаты наблюдений за численностью и распространением охотничьих ресурсов (по видам), размещением их в среде обитания (в разрезе охотничьих угодий и иных территорий, являющихся средой обитания охотничьих ресурсов), состоянием охотничьих ресурсов (плодовитость, заболеваемость), состоянием среды обитания охотничьих ресурсов (площадь категорий среды обитания), площадью охотничьих угодий (общедоступных, закрепленных) и иных территорий, являющихся средой обитания охотничьих ресурсов;

– результаты анализа и оценки состояния охотничьих ресурсов и среды их обитания, в том числе динамика изменения численности охотничьих ресурсов (по видам), по результатам наблюдений;

– прогноз изменения состояния охотничьих ресурсов и среды их обитания.

2. Информация о результатах производственного контроля в области охраны окружающей среды - результаты контроля за выполнением в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также за соблюдением требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

3. Информация о результатах государственного экологического надзора - результаты государственного экологического надзора, в том числе:

– сведения о наличии разрешительных документов, в пределах которых осуществляется воздействие на окружающую среду;

– сведения о выявленных нарушениях и мерах, принятых по их устранению.

4. Информация о государственном учете объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду:

данные государственного учета объектов, осуществляющих выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;

данные государственного учета объектов, осуществляющих сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду;

данные государственного учета объектов, осуществляющих размещение отходов производства и потребления, загрязнение недр, почв, иной вид негативного воздействия на окружающую среду.

Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации
от 24 сентября 2012 г. N 966

**ПОЛОЖЕНИЕ О ПОДГОТОВКЕ И РАСПРОСТРАНЕНИИ
ЕЖЕГОДНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ДОКЛАДА О СОСТОЯНИИ И ОБ
ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

(в ред. Постановления Правительства РФ от 10.09.2014 N 920)

1. Настоящее Положение определяет порядок подготовки и распространения ежегодного государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды

(далее - доклад).

2. Доклад представляет собой документированный систематизированный свод аналитической информации о состоянии окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, о происходящих в них процессах, явлениях, результатах оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием природных и антропогенных факторов.

3. Доклад подготавливается в целях обеспечения реализации прав граждан на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и информационного обеспечения деятельности органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических лиц и физических лиц, направленной на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Доклад служит основой для формирования и проведения государственной политики в области экологического развития Российской Федерации, определения приоритетных направлений деятельности органов государственной власти в этой области, а также разработки мер, направленных на предупреждение и сокращение негативного воздействия на окружающую среду.

4. Доклад подготавливается Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации на основе информации, содержащейся в государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), в соответствии с методическими рекомендациями, согласованными с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом" и Российской академией наук. Проект методических рекомендаций размещается на официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" в свободном доступе для общественного обсуждения, результаты которого рассматриваются общественным советом при Министерстве и представляются в Экспертный совет при Правительстве Российской Федерации для рассмотрения и экспертной оценки. С учетом результатов указанной экспертной оценки Министерство утверждает методические рекомендации.

5. Доклад содержит:

а) основные показатели фактического состояния окружающей среды;

б) показатели, характеризующие взаимосвязь показателей состояния окружающей среды и показателей социально-экономического развития Российской Федерации (показатели экологической эффективности). В качестве основы для определения показателей экологической эффективности используются экологические показатели, рекомендованные решениями Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций и Организации экономического сотрудничества и развития;

в) сведения о природных и антропогенных факторах, в том числе основных отраслях экономической деятельности, влияющих на состояние окружающей среды, анализ, тенденции и прогноз их воздействия на окружающую среду;

г) оценку достижения целевых показателей качества окружающей среды, предусмотренных программными документами (концепциями, доктринами, стратегиями, государственными (федеральными) целевыми программами);

- д) сведения об осуществляемых экономических, правовых, социальных и иных мерах в области охраны окружающей среды и анализ их эффективности;
- е) результаты научных исследований в области охраны окружающей среды;
- ж) сведения о международной деятельности в области охраны окружающей среды и о выполнении Российской Федерацией обязательств по международным договорам Российской Федерации по вопросам охраны окружающей среды;
- з) предложения о предотвращении, ограничении и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

6. Доклад подготавливается по отдельным видам экономической деятельности, по каждому компоненту природной среды, в том числе по видам природных ресурсов, и структурируется по субъектам Российской Федерации, федеральным округам и Российской Федерации в целом.

7. Доклад размещается на официальном сайте Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" для проведения его общественного обсуждения с указанием информации о порядке направления гражданами на соответствующий сайт замечаний и предложений по докладу и с указанием срока, в течение которого будет проводиться его общественное обсуждение.

Срок общественного обсуждения доклада определяется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, но не может быть менее 30 дней со дня размещения доклада.

8. Информация о результатах общественного обсуждения доклада обобщается, анализируется и рассматривается на общественном совете при Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации. По результатам рассмотрения могут быть сделаны выводы о необходимости внесения в доклад корректировок и уточнений.

9. Проект доклада и результаты его общественного обсуждения Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации представляются в Экспертный совет при Правительстве Российской Федерации для экспертной оценки.

10. После рассмотрения Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и доработки с учетом экспертной оценки и рекомендаций общественного совета при Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации проект доклада вносится Министерством в Правительство Российской Федерации не позднее 15 ноября для одобрения.

(в ред. Постановления Правительства РФ от 10.09.2014 N 920)

11. По поручению Правительства Российской Федерации Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации обеспечивает распространение доклада до 31 декабря года, следующего за отчетным, путем размещения на официальном сайте Министерства в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" в интерактивном режиме с обеспечением визуализации информации, содержащейся в докладе, и направления на электронном носителе в заинтересованные федеральные органы исполнительной власти.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

2.2 ПОЛОЖЕНИЕ О ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ РД 52.04.567-2003

(в ред. Изменения N 1, утв. Росгидрометом 02.12.2008)

Предисловие

1. Разработан Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова (ГГО).
2. Разработчики В.И. Кондратюк (руководитель разработки), Т.П. Грибова, Т.П. Светлова, А.В. Павлов (ГГО); Н.А. Зайцева (ЦАО); Н.Н. Бобровицкая, О.Б. Воскресенский (ГТИ); В.А. Романцов (АНИИ); А.Д. Пасечнюк, В.М. Мокиевский (ВНИИСХМ); С.В. Победоносцев, А.Н. Коршенко (ГОИН); В.В. Шлычкова (ГХИ); В.А. Сурнин (НПО "Тайфун").
3. Внесен Управлением работ федерального назначения в области гидрометеорологии, государственной наблюдательной сети, Арктики и Антарктики (УРСА) Росгидромета.
4. Утвержден Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).
5. Зарегистрирован Центральным конструкторским бюро гидрометеорологического приборостроения (ЦКБ ГМП) за N 52.04.567-2003.
6. Взамен РД 52.04.567-96. Положение о наземной сети наблюдений Росгидромета. РД 52.04.107-86. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 1, в части разделов 2 и 3.

1. Область применения

Настоящее положение устанавливает организационные основы построения государственной наблюдательной сети, ее структуру и порядок открытия, переноса и закрытия наблюдательных подразделений.

Настоящее положение предназначено для специалистов специально уполномоченного органа исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях (Росгидромета), его территориальных органов, организаций наблюдательной сети, научно-исследовательских учреждений (НИУ) при решении вопросов формирования и функционирования государственной наблюдательной сети.

2. Нормативные ссылки

В настоящем положении использованы ссылки на следующие нормативные документы:
ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

3. Определения и сокращения

В настоящем положении применяются определения, содержащиеся в Законе "О гидрометеорологической службе", других законах Российской Федерации и руководящих документах Росгидромета, с незначительными уточнениями, необходимыми для понимания вопросов, касающихся наблюдательной сети.

Глобальная наблюдательная сеть – наблюдательная сеть, обеспечивающая получение характеристик гидрометеорологических явлений и процессов, происходящих в крупном или планетарном масштабах, для глобальных потребностей.

Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК) – наблюдательная

сеть, предназначенная для мониторинга климата, обнаружения его изменений в глобальном масштабе и для других специальных потребностей.

Государственная наблюдательная сеть – наблюдательная сеть федерального органа исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях.

Дополнительная наблюдательная сеть – часть государственной наблюдательной сети, предназначенная для учета местных особенностей климатообразующих и других природных факторов и освещения характерных особенностей проявления этих факторов как отличия от фоновых значений.

Информационная продукция – полученная в результате обработки сведений (данных) обобщенная информация, предназначенная для распространения или реализации.

Информация о состоянии окружающей среды, ее загрязнении – сведения (данные), полученные в результате мониторинга окружающей среды, ее загрязнения.

Мониторинг окружающей среды, ее загрязнения – долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей среды, ее загрязнения.

Наблюдательная сеть – система стационарных и подвижных пунктов наблюдений, в том числе постов, станций, лабораторий, центров, бюро, обсерваторий, предназначенных для наблюдений за физическими и химическими процессами, происходящими в окружающей среде, определения ее гидрометеорологических, агрометеорологических и гелиогеофизических характеристик, а также для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, в том числе по гидробиологическим показателям, и околоземного космического пространства.

Наблюдательное подразделение – структурное или обособленное подразделение организации наблюдательной сети, непосредственно выполняющая наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением в одном или нескольких закрепленных стационарных или подвижных пунктах наблюдений, также выполняющая первичную обработку результатов наблюдений и передачу их по утвержденной схеме.

Опасное гидрометеорологическое явление (ОЯ) – гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по своему значению, интенсивности, продолжительности представляет угрозу безопасности людей, а также может нанести значительный ущерб различным отраслям экономики и населению.

Оперативная информация – информация о фактическом состоянии окружающей среды, ее загрязнении, получаемая в установленные сроки и передаваемая по утвержденной схеме в максимально короткое время с момента ее получения.

Организация наблюдательной сети (ОНС) – некоммерческая с правом юридического лица организация Росгидромета, выполняющая оперативно-производственные (производство наблюдений за гидрометеорологическими процессами и загрязнением окружающей среды, сбор, обработку и передачу информации, техническое и сервисное обслуживание средств измерений, обеспечение потребителей информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении) и специальные (исполнительные, контрольные)

функции в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на территории своей деятельности.

Основная наблюдательная сеть – часть государственной наблюдательной сети, репрезентативная относительно общего фона климатообразующих и других природных факторов, обеспечивающая необходимую точность получения фоновых значений гидрометеорологических величин для любой точки территории между пунктами наблюдений.

Подвижной пункт наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением (далее – подвижной пункт наблюдений) – комплекс, включающий в себя платформу (летательный аппарат, судно или иное плавательное средство, другое средство передвижения) с установленными на ней приборами и оборудованием, предназначенными для определения характеристик окружающей среды, ее загрязнения.

Региональная опорная синоптическая сеть (РОСС) – сеть, состоящая из приземных метеорологических и аэрологических станций в пределах региона Всемирной метеорологической организации (ВМО) с установленными программами наблюдений, минимальная с точки зрения потребностей региона и позволяющая странам-членам выполнять их обязанности в рамках Всемирной службы погоды и в областях применения метеорологии.

Реперная (вековая, опорная) сеть пунктов наблюдений – совокупность реперных (вековых, в том числе разрезов в морях и океанах, опорных) пунктов наблюдений для изучения многолетних тенденций изменения климата, агрометеорологического, гидрологического и гидрохимического режима водных объектов суши, морей и океанов, в том числе геофизических процессов, состояния загрязнения окружающей среды под влиянием изменений климатических условий и хозяйственной деятельности.

Реперный (вековой, в том числе разрез в море или океане, опорный) пункт наблюдений – стационарный пункт с непрерывным и неограниченно длительным во времени рядом наблюдений, обеспечивающий получение репрезентативных данных из районов большой протяженности.

Стационарный пункт наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением (далее – стационарный пункт наблюдений) – комплекс, включающий в себя земельный участок или часть акватории с установленными на них приборами и оборудованием, предназначенными для определения характеристик окружающей среды, ее загрязнения. К стационарным пунктам наблюдений относят также специально отведенный земельный участок или выделенную часть акватории без установленных на них приборов и оборудования, где проводятся регулярные определения характеристик окружающей среды, ее загрязнения по отдельным видам наблюдений.

Филиал организации наблюдательной сети – обособленное подразделение организации наблюдательной сети, расположенное вне места ее нахождения и осуществляющее часть ее функций.

Юридическое лицо – организация, которая имеет в собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении обособленное имущество и отвечает по своим обязательствам этим имуществом, может от своего имени приобретать и осуществлять имущественные и личные неимущественные права, нести обязанности, быть истцом и ответчиком в суде. Юридическое лицо должно иметь самостоятельный баланс или смету.

АМСГ - авиаметеорологическая станция (гражданская);
АМЦ - авиаметеорологический центр;
АППИ - автономный пункт приема спутниковой информации;
ГМБ - гидрометеорологическое бюро;
ГМО - гидрометеорологическая обсерватория;
ГМЦ - гидрометеорологический центр;
ГСНК - глобальная система наблюдений за климатом;
ГСНО - глобальная система наблюдений за океанами;
ГСНС - глобальная система наблюдений за сушей;
НИУ - научно-исследовательское учреждение;
ОГМС - объединенная гидрометеорологическая станция;
ОК - остаточное количество (пестицидов);
ОНС - организация наблюдательной сети;
ОЯ - опасное гидрометеорологическое явление;
ПДК - предельно допустимая концентрация;
ПНЗ - пункт наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха;
РОКС - региональная опорная климатическая сеть;
РОСС - региональная опорная синоптическая сеть;
СГМС - судовая гидрометеорологическая станция;
ТПП - токсические вещества промышленного происхождения;
УГМС - межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
ЦГМС - центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
ЦГМС-Р - центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями.

4. Общие положения

4.1. Государственная наблюдательная сеть согласно возложенным на нее задачам [1] осуществляет:

- проведение регулярных метеорологических, аэрологических, гидрологических, морских гидрометеорологических, агрометеорологических, специальных гидрометеорологических, геофизических и гелиогеофизических наблюдений, а также наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, поверхностных вод суши и морской среды, атмосферных осадков, снежного покрова, включая радиоактивное загрязнение;

- выполнение наблюдений за опасными гидрометеорологическими, гелиогеофизическими явлениями (ОЯ), высокими и экстремально высокими уровнями загрязнения окружающей среды;

- выполнение первичной обработки результатов всех наблюдений (в том числе анализ проб объектов природной среды);

- передачу в установленном порядке оперативной информации о фактическом состоянии окружающей среды, ее загрязнении, информации об ОЯ, распространение информации общего назначения в соответствии с утвержденным планом и схемой обеспечения;

- обеспечение в установленном порядке органов государственной власти, отраслей экономики, Вооруженных Сил Российской Федерации, а также населения информацией о фактическом состоянии окружающей среды, ее загрязнении,

прогнозами и предупреждениями, получаемыми от прогностических органов Росгидромета.

4.2. Государственная наблюдательная сеть является также базой экспериментальных наблюдений, опытной эксплуатации новых средств измерений, апробации новых методик выполнения измерений (наблюдений), проведения производственной практики студентов вузов и учащихся средних специальных учебных заведений.

4.3. Объекты государственной наблюдательной сети, находящиеся в федеральной собственности, обеспечивающие единство технологического процесса проведения наблюдений и подготовки информации, в соответствии с [2] приватизации не подлежат.

5. Организационные основы построения государственной наблюдательной сети

5.1. Основу государственной наблюдательной сети составляют стационарные и подвижные пункты наблюдений, в которых выполняются наблюдения одного или нескольких видов по утвержденным программам.

Государственная наблюдательная сеть подразделяется на гидрометеорологическую и сеть наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды.

5.2. В состав гидрометеорологической сети входят следующие **наблюдательные сети** (по видам наблюдений):

- авиаметеорологическая;
- агрометеорологическая;
- актинометрическая;
- аэрологическая (радиозондирование);
- воднобалансовая;
- гелиогеофизическая;
- гидрологическая на болотах;
- гидрологическая на реках и каналах;
- гидрометеорологическая на озерах и водохранилищах;
- гляциологическая;
- ионосферная;
- магнитная;
- метеорологическая;
- метеорологическая радиолокационная (МРЛ);
- морская гидрометеорологическая (в прибрежной зоне, в том числе в устьях рек, и в открытой части морей и океанов, включая морскую судовую и экспедиционную сети);
- селестоковая;
- снеголавинная;
- озонметрическая;
- теплбалансовая.

Кроме того, к гидрометеорологической сети относятся также наблюдательные сети:

- за атмосферным электричеством;
- за испарением с поверхности воды, почвы, снега.

Из перечисленных видов наблюдений актинометрические, ионосферные, магнитные, озонметрические, теплбалансовые и наблюдения за атмосферным

электричеством относятся к группе геофизических наблюдений; агрометеорологические, воднобалансовые, гелиогеофизические, гидрологические на болотах, гидрометеорологические на озерах и водохранилищах, гляциологические, морские гидрометеорологические в устьях рек, селестоковые, снеголавинные – к группе специальных наблюдений.

5.3. В состав сети наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды входят следующие наблюдательные сети:

- за уровнем загрязнения атмосферного воздуха;
- за уровнем загрязнения морских вод и донных отложений;
- за уровнем загрязнения поверхностных водных объектов по гидробиологическим показателям;
- за уровнем загрязнения поверхностных вод суши;
- за уровнем загрязнения почвы;
- за уровнем радиоактивного загрязнения природной среды;
- за уровнем загрязнения снежного покрова;
- за фоновым состоянием окружающей среды (на специализированных фоновых станциях) и трансграничным переносом загрязняющих веществ;
- за химическим составом осадков.

5.4. В соответствии с [3] одними из участников деятельности гидрометеорологической службы являются организации наблюдательной сети (ОНС). В системе Росгидромета они являются основным организационным звеном государственной наблюдательной сети. К ОНС относятся: центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р), центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) и другие организации с правом юридического лица, которые для выполнения уставных функций создают на территории своей деятельности филиалы [4].

К филиалам относятся гидрометеорологические обсерватории (ГМО) и ЦГМС без права юридического лица, гидрометеорологические бюро (ГМБ), станции, посты, оперативные группы, лаборатории, экспедиционные отряды, гидрографические и снеголавинные партии и др. Из них станции, посты, оперативные группы, лаборатории, гидрографические и снеголавинные партии, экспедиционные отряды являются наблюдательными подразделениями ОНС.

5.5. Наблюдательное подразделение может содержать как стационарные, так и подвижные пункты наблюдений и выполнять наблюдения одного или нескольких видов в одном или нескольких стационарных пунктах.

5.6. В своей деятельности наблюдательное подразделение руководствуется документами Росгидромета, регламентирующими требования к методикам производства наблюдений (выполнения измерений) и работ, средствам измерений и установкам, обработке и обобщению результатов наблюдений, а также документами о порядке передачи информации по каналам связи, обеспечения потребителей гидрометеорологической информацией, в том числе информацией об ОЯ [5 - 7].

5.7. В соответствии с установленными Росгидрометом нормативами [5, 8] каждое наблюдательное подразделение обеспечивается кадрами соответствующей квалификации, средствами измерений, оборудованием и другими техническими средствами, служебными и служебно-жилыми зданиями (помещениями), средствами связи и транспорта, энерго- и теплоснабжения, производственными сооружениями, устройствами и установками, плавсредствами (при необходимости), спецодеждой, обувью, индивидуальными средствами защиты, хозяйственным инвентарем и

инструментами, расходными и бланковыми материалами, производственно-технической литературой, оргтехникой и компьютерами.

5.8. Каждому наблюдательному подразделению государственной наблюдательной сети органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления предоставляется земельный участок или акватория для организации и функционирования стационарных пунктов наблюдений [3]. Оптимальный размер земельных участков в соответствии с рекомендациями ВМО [9] составляет: для пунктов метеорологических наблюдений - 1 га, гидрологических наблюдений - 0,4 га, аэрологических (радиозондирование) наблюдений - 4 га.

Реальный размер выделяемых наблюдательным подразделениям земельных участков устанавливается в зависимости от требований к проводимым наблюдениям и работам с учетом местных возможностей, в том числе в зависимости от рельефа местности и других условий, с учетом положений [10 - 12].

5.9. Документы, выдаваемые органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления наблюдательному подразделению, определяются Федеральным законом [13] и включают:

- решение органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или местного самоуправления о выделении земельного участка;
- свидетельство о государственной регистрации прав на земельный участок;
- план земельного участка, удостоверенный органом, ответственным за проведение кадастровых работ.

Подлинники документов на землепользование хранятся в межрегиональном территориальном управлении по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), копии их - в ЦГМС-Р, ЦГМС и наблюдательных подразделениях.

5.10. В целях получения достоверной информации о состоянии и загрязнении окружающей среды в соответствии с [14] вокруг стационарных пунктов наблюдений устанавливается охранная зона в виде участка земли и/или части акватории, ограниченная замкнутой линией, отстоящей от границ территории пункта наблюдений на расстоянии, как правило, не менее 200 м. В пределах охранных зон стационарных пунктов наблюдений устанавливаются ограничения на хозяйственную деятельность [14, 15].

Ограничения на хозяйственную деятельность в охранных зонах стационарных пунктов наблюдений подлежат государственной регистрации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации [10, 13].

Охранные зоны пунктов наблюдений авиаметеорологической станции гражданской (АМСГ) и авиаметеорологического центра (АМЦ) устанавливаются с соблюдением принятых норм и требований для метеорологической сети и документально оформляются в виде договора между УГМС (ЦГМС-Р, ЦГМС) и авиапредприятием.

5.11. Выделенный земельный участок и охранный зона пункта наблюдений обозначаются на Генеральном плане населенного пункта и закрепляются (отмечаются) на местности. Описание границ охранный зоны хранится в "Техническом деле" наблюдательного подразделения.

5.12. Государственная наблюдательная сеть, в том числе отведенные под нее земельные участки и части акваторий, относится исключительно к федеральной собственности и находится под охраной государства [3].

Земельные участки (акватории) реперных и вековых пунктов наблюдений изыматься не могут [16, 17].

5.13. Земельные участки, закрепленные за наблюдательными подразделениями, могут изыматься для государственных нужд и только в исключительных случаях при согласовании с Росгидрометом. При этом перенос пункта наблюдений и строительство служебного (служебно-жилого) здания осуществляются силами и за счет средств юридического лица, для которого изымается земельный участок, в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

6. Категории государственной наблюдательной сети, статус и разряд наблюдательного подразделения

6.1. Категории государственной наблюдательной сети

6.1.1. Государственная наблюдательная сеть по уровню решаемых задач, масштабам обобщения и использования информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении делится на две категории: основную и дополнительную.

6.1.2. Основная наблюдательная сеть представляет собой минимально необходимую с точки зрения научной, хозяйственной и экономической целесообразности сеть, предназначенную для изучения режима и состояния окружающей среды, ее загрязнения, гидрометеорологического обеспечения страны в целом или крупных ее регионов.

6.1.3. Дополнительная наблюдательная сеть предназначена для решения локальных задач по учету специфичных гидрометеорологических условий и для изучения состояния окружающей среды, ее загрязнения в особых физико-географических и климатических районах.

6.1.4. Деление на категории распространяется только на метеорологическую, авиаметеорологическую, агрометеорологическую, гидрологическую на реках и каналах, гидрометеорологическую на озерах и водохранилищах, морскую гидрометеорологическую (в прибрежной зоне, в том числе в устьях рек и в открытой части морей и океанов) сети, а также на сети наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод суши.

6.1.5. Не делятся на категории по причине малочисленности пунктов наблюдений актинометрическая, теплобалансовая, аэрологическая, метеорологическая радиолокационная, озонметрическая, магнитная, ионосферная, воднобалансовая, гидрологическая на болотах, снеголавинная, селестоковая, гелиогеофизическая, гляциологическая, морская судовая и экспедиционная сети, а также сети наблюдений за уровнем загрязнения поверхностных водных объектов по гидробиологическим показателям, за атмосферным электричеством, испарением с поверхности воды, почвы и снега, фоновым состоянием окружающей среды на специализированных фоновых станциях и трансграничным переносом загрязняющих веществ, химическим составом осадков, уровнем радиоактивного загрязнения природной среды, уровнем загрязнения морских вод и донных отложений, почвы и снежного покрова. Перечисленные наблюдательные сети целиком относятся к категории "основная" наблюдательная сеть.

6.1.6. Решение об отнесении пунктов наблюдений к категории "основная" и "дополнительная" принимается Росгидрометом (подразделением наблюдательной сети) по представлению УГМС и заключению головного НИУ.

6.2. Статус пункта наблюдений и наблюдательного подразделения

6.2.1. Из состава основной наблюдательной сети выбираются пункты, отвечающие требованиям ВМО для изучения процессов, происходящих в крупном и планетарном масштабах. Им присваивается статус "реперный" ("вековой", в том

числе разрез в море или океане, "опорный"). Совокупность реперных пунктов конкретного вида наблюдений образует реперную климатическую, гидрологическую (речную или озерную), агрометеорологическую, морскую гидрометеорологическую в прибрежной зоне (береговую) сети, сеть вековых разрезов в морях и океанах, сеть опорных пунктов наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, уровнем загрязнения поверхностных вод суши [16, 17].

Реперные пункты из состава наблюдательных сетей, которые не делятся на категории, не выбираются.

6.2.2 Статус наблюдательного подразделения, содержащего пункты наблюдений различных видов, устанавливает Росгидромет (подразделение наблюдательной сети) по представлению УГМС.

6.2.3. По условиям функционирования и жизнеобеспечения выделяют труднодоступные наблюдательные подразделения, расположенные в сложных физико-географических и в суровых климатических условиях таежной, пустынной, высокогорной и полярной зон либо на необжитых островах или полуостровах [5].

К ним относят также станции и посты, расположенные в населенных пунктах или вдали от них, с которыми отсутствует не только регулярное транспортное сообщение, но и регулярная почтовая связь, и в районе расположения которых нет медицинских и школьных учреждений, центрального энергоснабжения, отсутствуют торговые предприятия.

Решение об установлении наблюдательному подразделению статуса труднодоступного утверждается Руководителем Росгидромета или заместителем Руководителя Росгидромета в соответствии с распределением обязанностей, по представлению УГМС.

6.2.4. Наблюдательные подразделения, входящие в основную наблюдательную сеть, как правило, являются корреспондентами Гидрометцентра России. В отдельных случаях в число корреспондентов Гидрометцентра России могут включаться наблюдательные подразделения, входящие в дополнительную наблюдательную сеть.

6.2.5. Из числа наблюдательных подразделений основной сети выделяют подразделения, информация которых используется для международного обмена в рамках:

- глобальных систем наблюдений за климатом (ГСНК), океанами (ГСНО) и сушей (ГСНС);
- глобальной системы мониторинга окружающей среды;
- региональных опорных синоптической (РОСС) и климатической (РОКС) сетей;
- всемирных программ различных направлений;
- публикации данных в режимно-справочных изданиях.

Информация одного и того же наблюдательного подразделения может одновременно использоваться во всех перечисленных видах международного обмена [9]. При формировании перечня наблюдательных подразделений, информация которых подлежит международному обмену, предпочтение отдается тем, в состав которых входят реперные пункты наблюдений, равномерно расположенные на территории Российской Федерации.

6.2.6. В ГСНК включают только наблюдательные метеорологические подразделения, выполняющие наблюдения в 8 единых сроках [19].

6.3. Разряд и вид наблюдательного подразделения

6.3.1. Программа наблюдений и объем выполняемых работ в наблюдательных подразделениях сетей, перечисленных в 6.1.4, дифференцируются по разрядам, для

сетей наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды - по категориям.

Наблюдательным подразделениям сетей, перечисленных в 6.1.5, разряды не присваиваются [5].

6.3.2. Разряд и наименование (вид) наблюдательного подразделения [5], в программу работ которого входит несколько видов наблюдений, определяются по наибольшему разряду одного из них.

6.3.3. Наблюдательному подразделению, в состав которого наряду с другими входит какой-то один из пунктов наблюдений аэрологической или специальных сетей [5], разряд не присваивается, а вид наблюдательного подразделения определяется по названию этой специальной сети.

6.3.4. Наблюдательное подразделение, осуществляющее комплекс наблюдений за состоянием окружающей среды и объединяющее несколько различных пунктов наблюдений (в том числе разнесенных на территории географического пункта), решением УГМС может быть отнесено к объединенной гидрометеорологической станции (ОГМС). Разряд такому наблюдательному подразделению не присваивается.

6.3.5. Разряды наблюдательных подразделений авиационной метеорологической сети определяются разрядом АМСГ независимо от объема метеорологических и наличия других видов наблюдений.

6.3.6. Вид и разряд наблюдательного подразделения устанавливает Росгидромет (подразделение наблюдательной сети) по представлению УГМС, с учетом требований, указанных в подпунктах 6.3.1 - 6.3.5, и утверждается приказом УГМС.

7. Обеспечение функционирования государственной наблюдательной сети

7.1. Формирование государственной наблюдательной сети и обеспечение ее функционирования являются одними из основных направлений государственного регулирования деятельности в области гидрометеорологии и осуществляются Росгидрометом через территориальные органы и НИУ [1, 5].

Формирование государственной наблюдательной сети осуществляется на основе принципов, разработанных головными НИУ и утвержденных Росгидрометом, а также с учетом сложившихся экономических и социальных условий при соблюдении принципа рациональности и требований ВМО [9].

Совершенствование и развитие государственной наблюдательной сети осуществляется в соответствии с утвержденными Росгидрометом планами и программами, а также другими документами, регламентирующими ее организацию и функционирование.

7.2. Функционирование государственной наблюдательной сети осуществляется на основе следующих принципов:

- непрерывность наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением;
- соблюдение установленных требований к сбору, обработке, контролю качества, хранению и распространению информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении;
- обеспечение пространственно-временного разрешения результатов измерений, достаточного для определения характеристик гидрометеорологических величин с требуемой для практических целей точностью;
- единство измерений и сопоставимость их результатов;
- обеспечение достоверности и однородности результатов наблюдений о состоянии окружающей среды, ее загрязнении и доступности информации для

пользователей.

7.3. Обязательным условием обеспечения функционирования государственной наблюдательной сети является соблюдение законодательства Российской Федерации о стандартизации, сертификации продукции и услуг, лицензионной деятельности.

7.4. Непосредственное руководство работой наблюдательной сети осуществляют ЦГМС-Р, ЦГМС (в УГМС, где ЦГМС, ЦГМС-Р не созданы, - ГМЦ) в соответствии со своими уставами, и они же несут ответственность за организацию работы, надежное функционирование наблюдательных подразделений, полноту, достоверность, качество наблюдений и получаемой информации о состоянии окружающей среды и ее загрязнении.

Общий надзор и контроль за работой организаций наблюдательной сети осуществляют УГМС.

7.5. Научно-методическое руководство деятельностью государственной наблюдательной сети обеспечивают специально создаваемые для этой цели подразделения (отделы) головных НИУ Росгидромета по соответствующим видам наблюдений согласно своим уставам [20]. Перечень головных НИУ приводится в Приложении А.

9. Организация нового наблюдательного подразделения (пункта наблюдений)

9.1. Организация новых наблюдательных подразделений основной наблюдательной сети осуществляется УГМС, как правило, в неизученных или малоосвоенных в гидрометеорологическом отношении районах, а также в районах перспективного хозяйственного освоения, где плотность наблюдательной сети не достаточна, с учетом заключений головных НИУ за счет средств федерального бюджета и в соответствии с заданием Росгидромета на выполнение работ и оказание государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей среды, ее загрязнения Росгидромета.

Пункты наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды организуются преимущественно в промышленных центрах или вблизи них в соответствии с требованиями нормативных и руководящих документов: ГОСТ 17.2.3.01 - для контроля за уровнем загрязнения атмосферного воздуха; ГОСТ 17.1.3.08 - для контроля за уровнем загрязнения морских вод; [22] - для контроля за уровнем загрязнения поверхностных вод суши и др.

9.2. Решение об открытии нового наблюдательного подразделения дополнительной сети, а также хоздоговорной сети, принимает УГМС (ЦГМС-Р, ЦГМС) на основании заявки конкретных потребителей информации (органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления, заинтересованных юридических или физических лиц) по согласованию с головными НИУ и Росгидрометом (подразделением наблюдательной сети), и оформляет приказом УГМС. Открытие наблюдательных подразделений хоздоговорной сети осуществляется за счет средств заказчика.

9.3. Определение места расположения вновь организуемых стационарных пунктов наблюдений государственной наблюдательной сети производится УГМС по согласованию с соответствующими органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления [3] и с учетом 5.8 - 5.11.

9.4. Организация новых видов (пунктов) наблюдений в действующем наблюдательном подразделении осуществляется УГМС (ЦГМС-Р, ЦГМС) с учетом

концепции развития и заявок потребителей и согласуется с головными НИУ. Если новый пункт наблюдений предлагается отнести к основной наблюдательной сети, то окончательное решение об организации пункта наблюдений принимает Росгидромет (подразделение наблюдательной сети), по представлению УГМС.

В функционирующем наблюдательном подразделении по заявкам физических и юридических лиц могут быть дополнительно организованы наблюдения, не предусмотренные программой его работы. Необходимые средства на дополнительные наблюдения выделяет заинтересованная сторона.

9.5. Работы по организации нового наблюдательного подразделения считаются законченными только после документального оформления, выделения и закрепления земельного участка и охранной зоны, привязки пункта наблюдений к принятой системе высот, а также выполнения условий, перечисленных в 5.7.

9.6. Открытие нового наблюдательного подразделения или нового пункта наблюдений государственной наблюдательной сети производится с соблюдением следующей процедуры: УГМС по представлению ЦГМС-Р (или ГМЦ) и по согласованию с головным НИУ или головное НИУ по согласованию с УГМС оформляет заявку по форме ГМ-9 [5] на открытие нового наблюдательного подразделения и направляет ее в подразделение наблюдательной сети Росгидромета.

К заявке прилагается решение Технического совета УГМС (ЦГМС-Р) или Ученого совета НИУ.

Заявка сопровождается пояснительной запиской, в которой содержатся:

- цели и задачи нового наблюдательного подразделения (пункта наблюдений);
- планируемые виды наблюдений и программы;
- требуемые средства связи и источники энергоснабжения;
- информация о гидрометеорологической изученности района, в котором предполагается организовать (открыть) новое наблюдательное подразделение или пункт наблюдений (плотность действующей наблюдательной сети, сведения о действовавших ранее пунктах наблюдений), по заявляемому виду наблюдений;
- сведения о хозяйственной освоенности территории (наличии населенных пунктов и хозяйствующих субъектов) и средствах сообщения, связи;
- расчетная стоимость строительства;
- расчетный годовой объем финансирования заявляемого наблюдательного подразделения (пункта наблюдений);
- сведения о предварительном согласовании с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления вопроса об отводе земельного участка и охранной зоны.

9.7. Открытие нового наблюдательного подразделения оформляется актом по форме ГМ-6 и учетной карточкой по форме ГМ-10 [5]. Акт на открытие наблюдательного подразделения направляется в подразделение наблюдательной сети Росгидромета, а учетная карточка - в Росгидромет и Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД).

9.8 Название и код наблюдательного подразделения присваивается УГМС по согласованию с Росгидрометом (подразделением наблюдательной сети).

Синоптический индекс наблюдательного подразделения присваивается Гидрометцентром России по представлению УГМС.

Код гидрологического поста присваивается УГМС по согласованию с головным НИУ.

Название и код (индекс) наблюдательного подразделения сохраняются постоянными на все время его функционирования. При необходимости изменение названия и кода (индекса) наблюдательного подразделения производится в том же порядке, что и присвоение.

9.9. Дата начала работы нового наблюдательного подразделения (пункта наблюдений) сообщается в Росгидромет и соответствующие головные НИУ.

9.10. Дата открытия (начало работы) новой судовой гидрометеорологической станции (СГМС) сообщается в Гидрометцентр России соответствующим актом по форме ГМ-12, в котором также указываются:

- название судна и его позывной сигнал;
- принадлежность судна.

Приложение А (справочное)

ГОЛОВНЫЕ НИУ ПО ВИДАМ НАБЛЮДЕНИЙ В РОСГИДРОМЕТЕ

Головными НИУ по видам наблюдений в Росгидромете являются:

- Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) - все виды наблюдений в Арктике (кроме загрязнения окружающей среды) и Антарктике, в том числе ледовые наблюдения в морских устьях рек, на реках и озерах арктической зоны; функции УГМС в Антарктике;

- Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ) - агрометеорологические наблюдения, агрогидрологические работы;

- Высокогорный геофизический институт (ВГИ) - снеголавинные, селестоковые и гляциологические наблюдения;

- Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации (Гидрометцентр России) - попутные и судовые добровольные наблюдения (совместно с ГГО, ГОИН, ААНИИ, Дальневосточным научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом (ДВНИГМИ));

- Гидрохимический институт (ГХИ) - наблюдения за уровнем загрязнения поверхностных вод суши;

- Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ГГО) - метеорологические, актинометрические, теплоресурсовые, авиаметеорологические, метеорологические радиолокационные наблюдения, в том числе комплекс "Метеоячейка", озонметрические и попутные судовые наблюдения, а также наблюдения за атмосферным электричеством, химическим составом осадков, уровнем загрязнения атмосферного воздуха и фоновым состоянием атмосферы по ряду ингредиентов;

- Государственный гидрологический институт (ГГИ) - гидрологические наблюдения на реках и каналах, гидрометеорологические наблюдения на озерах и водохранилищах (включая ледовые наблюдения на реках, озерах и водохранилищах вне арктической зоны), гидрологические наблюдения на болотах, воднобалансовые наблюдения, а также наблюдения за испарением с поверхности воды, почвы и снега;

- Государственный океанографический институт (ГОИН) - морские береговые и устьевые гидрометеорологические, гидрохимические и гидрологические наблюдения, включая ледовые (кроме Арктики и Антарктики) наблюдения на морях, а также наблюдения за уровнем загрязнения морских вод;

- Институт глобального климата и экологии (ИГКЭ) - наблюдения на станциях комплексного фонового мониторинга, наблюдения за уровнем загрязнения снежного покрова и трансграничным переносом загрязняющих веществ, гидробиологические наблюдения на поверхностных водных объектах;

- Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова (ИПГ) - ионосферные и магнитные наблюдения (исключая зону Арктики), гелиогеофизические наблюдения;

- Научно-производственное объединение "Тайфун" (НПО "Тайфун") - наблюдения за

уровнем загрязнения почвы и атмосферного воздуха (бенз(а)пирен и тяжелые металлы), состоянием радиоактивного загрязнения окружающей среды, метеорологические наблюдения на высотных башнях и мачтах, обеспечение оперативной и прогностической информацией в чрезвычайных ситуациях, связанных с аварийным загрязнением окружающей среды, работы комиссии Росгидромета по чрезвычайным ситуациям;

- Региональный центр "Мониторинг Арктики" - все виды наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды в Арктике;

- Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) - аэрологические (радиозондовые), автоматизированные метеорологические радиолокационные наблюдения (АКСОПРИ).

Кроме научно-исследовательских учреждений, курирующих конкретные виды наблюдений, ответственными за сбор и обработку информации различных видов являются:

- ААНИИ - сбор экстренной и текущей гидрометеорологической информации общего назначения по районам Арктики и Антарктики, в том числе с автономных пунктов приема спутниковой информации (АППИ);

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) - методическое руководство работами по ведению Госфонда данных о состоянии окружающей среды, ведение централизованного автоматизированного учета состава государственной наблюдательной сети, разработка и внедрение современных методов и технологий сбора и автоматизированной обработки гидрометеорологической информации и методическое руководство этими работами в центрах обработки информации;

- Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации (Гидрометцентр России) - сбор экстренной и текущей гидрометеорологической информации, обеспечение работ по индексации наблюдательных подразделений синоптической сети Росгидромета и национальных гидрометеорологических служб стран - членов Межгосударственного совета по гидрометеорологии, а также формирование и ведение списков наблюдательных подразделений - корреспондентов Гидрометцентра России и ВМО;

- Федеральный информационно-аналитический центр (ФИАЦ) Росгидромета - информационное обеспечение пользователей данными об уровне загрязнения окружающей среды, в том числе прогнозами о распространении загрязняющих веществ в окружающей среде в результате радиационных и крупномасштабных химических аварий на территории Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Положение о Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации N 555 от 20.05.1999.

2. Государственная программа приватизации государственных и муниципальных предприятий в Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ N 2284 от 24.12.1993 // Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации, 1994, N 1.

3. Федеральный закон N 113-ФЗ от 19.07.1998 "О гидрометеорологической службе" // Собрание законодательства Российской Федерации, 1998, N 30.

4. Федеральный закон N 7-ФЗ от 12.01.1996 "О некоммерческих организациях" // Собрание законодательства Российской Федерации, 1996, N 3.

5. РД 52.04.107-86. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 1. Наземная подсистема получения данных о состоянии природной среды. Основные положения и нормативные документы.

6. Порядок действий организаций и учреждений Росгидромета при возникновении опасных природных (гидрометеорологических и гелиогеофизических) явлений. СПб.: Гидрометеиздат, 2000.

7. Положение о порядке информационного обеспечения Федеральным информационно-аналитическим центром Росгидромета министерств и ведомств Российской Федерации оперативной и прогностической информацией, связанной с загрязнением окружающей

природной среды на территории Российской Федерации. Утверждено Росгидрометом 07.07.1999.

8. Типовой табель приборов и оборудования для производства стандартных гидрометеорологических наблюдений и контроля загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1986.

9. Публикация ВМО N 544. Наставление по глобальной системе наблюдений, 1995.

10. Федеральный закон N 136-ФЗ от 25.10.2001 "Земельный кодекс Российской Федерации" // Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, N 44.

11. Федеральный закон N 167-ФЗ от 16.11.1995 "Водный кодекс Российской Федерации" // Собрание законодательства Российской Федерации, 1996, N 48.

12. Федеральный закон N 22-ФЗ от 29.01.1997 "Лесной кодекс Российской Федерации" // Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, N 5.

13. Федеральный закон N 122-ФЗ от 21.07.1997 "О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним" // Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, N 30.

14. Положение о создании охранных зон стационарных пунктов наблюдений за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнения. Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации N 972 от 27.08.1999.

15. Порядок выполнения работ в охранных зонах гидрометеорологических станций. Утвержден Приказом Госкомгидромета N 132 от 24.06.1983.

16. Положение о реперных климатических станциях. Утверждено Приказом Госкомгидромета N 121 от 29.06.1984.

17. Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, и в устьях рек, впадающих в них. Введено Приказом Главного управления гидрометслужбы при СМ СССР N 134 от 29.06.1976.

18. Федеральный закон N 22-ФЗ от 09.08.1994 "О внесении изменений и дополнений в Закон РСФСР "О плате за землю" // Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации, 1994, N 12.

19. Дополнение N 1 (Наставление по глобальной системе наблюдений. Издание 1995 г. ВМО N 544). Том 2. Региональные аспекты. Февраль 1998 г.

20. РД 52.04.576-97. Положение о методическом руководстве наблюдениями за состоянием и загрязнением окружающей природной среды. Общие требования.

21. РД 52.19.108-94. Положение о Российском государственном фонде данных о состоянии окружающей природной среды.

22. РД 52.24.309-92. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета.

23. РД 52.04.562-96. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 5, ч. 1. Актинометрические наблюдения на станциях.

*Приложение
к приказу Министерства природных ресурсов и экологии
Российской Федерации от 22 декабря 2011 г. N 963*

**ПОРЯДОК
ВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА, ГОСУДАРСТВЕННОГО
КАДАСТРА И ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ
ЖИВОТНОГО МИРА**

1. Государственный учет объектов животного мира представляет собой комплекс регулярно проводимых мероприятий, необходимых для получения информации о видовом разнообразии объектов животного мира, численности и распространении объектов животного мира с целью наблюдения за изменениями состояния объектов

животного мира и среды их обитания.

2. Государственный кадастр объектов животного мира содержит совокупность сведений о географическом распространении объектов животного мира, их численности, а также характеристику среды обитания, информацию об их хозяйственном использовании и другие необходимые данные. <*>

<*> *Часть 2 статьи 14 Федерального закона от 24 апреля 1995 г. N 52-ФЗ "О животном мире" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, N 17, ст. 1462; 2007, N 1, ст. 21; 2008, N 30, ст. 3616; 2011, ст. 30, N 4590).*

3. Государственный мониторинг объектов животного мира представляет собой систему регулярных наблюдений за распространением, численностью, физическим состоянием объектов животного мира, структурой, качеством и площадью среды их обитания.

4. Государственный учет, государственный кадастр и государственный мониторинг объектов животного мира являются основой для осуществления государственного управления в области охраны и использования объектов животного мира и среды их обитания. Данные государственного учета и государственного мониторинга объектов животного мира отражаются в государственном кадастре объектов животного мира.

5. Ведение государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира осуществляется в отношении охотничьих ресурсов, объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, Красные книги субъектов Российской Федерации.

6. На территориях государственных природных заповедников и национальных парков государственный учет и государственный мониторинг объектов животного мира ведутся также в отношении объектов животного мира, не указанных в пункте 5 Порядка ведения государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира (далее - Порядок).

7. Объем мероприятий, проводимых в рамках государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, Красные книги субъектов Российской Федерации, определяется исходя из их категории статуса редкости, имеющейся по ним в наличии достоверной научной информации, научных оценок численности, распространения и возможности их регулярного обновления на основе данных научных организаций.

8. Ведение государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира, не указанных в пункте 5 настоящего Порядка, осуществляется путем составления органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими переданные Российской Федерацией полномочия в области охраны и использования животного мира (далее - уполномоченные органы субъектов Российской Федерации) перечня видов объектов животного мира, обитающих в субъекте Российской Федерации, включающего сведения о состоянии данных видов и среде их обитания.

9. Ведение государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира, находящихся на особо охраняемых природных территориях федерального значения, осуществляют государственные природоохранные учреждения, предусмотренные законодательством Российской Федерации об особо охраняемых природных территориях.

Объем мероприятий, проводимых такими учреждениями в рамках ведения государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира, устанавливается ими по согласованию с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

10. Уполномоченные органы субъектов Российской Федерации, природоохранные учреждения при ведении государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира взаимодействуют с федеральными органами исполнительной власти и их территориальными органами, другими органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, научными и общественными организациями, пользователями животным миром.

11. Мероприятия по учету численности и распространения объектов животного мира проводятся в соответствии с принятыми методиками, а при их отсутствии - по имеющимся научным подходам учета для видов или групп видов объектов животного мира.

12. Государственный мониторинг охотничьих ресурсов осуществляется в соответствии со статьей 36 Федерального закона 27 июля 2009 г. N 209-ФЗ "Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, N 30, ст. 3735; N 52, ст. 6441, ст. 6450; 2010, N 23, ст. 2793; 2011, N 1, ст. 10; N 25, ст. 3530; N 27, ст. 3880; N 30, ст. 4590; N 48, ст. 6732; N 50, ст. 7343).

13. Государственный мониторинг объектов животного мира, не указанных в пункте 12 настоящего Порядка, состоит из регулярно обновляемых сведений о параметрах состояния объектов животного мира, среды их обитания и их динамики.

14. Государственный кадастр охотничьих ресурсов ведется в форме государственного охотхозяйственного реестра, государственный кадастр редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного мира - в форме Красной книги Российской Федерации и Красных книг субъектов Российской Федерации.

15. Данные государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира хранятся на бумажном и электронных носителях.

16. Данные государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга представляются на бумажном и электронных носителях с указанием количества предоставляемых документов и файлов, их имен (названий), размеров, даты их актуализации:

16.1. Государственными природоохранными учреждениями, указанными в пункте 9 настоящего Порядка, - в уполномоченные органы соответствующих субъектов Российской Федерации, в отношении охотничьих ресурсов ежегодно до 15 апреля, иных объектов животного мира - до 1 июля не реже одного раза в три года;

16.2. Уполномоченными органами субъектов Российской Федерации - в Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, в отношении охотничьих ресурсов ежегодно до 15 мая, иных объектов животного мира - до 1 августа не реже одного раза в три года.

17. Данные государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира представляются

непосредственно или направляются по почте.

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИКАЗ
от 23 мая 2016 г. N 306
ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОРЯДКА
ВЕДЕНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

V. Организация и ведение государственного мониторинга объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации

5.1. Государственный мониторинг объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему регулярных наблюдений за объектами животного и растительного мира, их распространением, численностью, физическим состоянием, а также структурой, качеством и площадью среды их обитания (произрастания).

Статья 15 Федерального закона "О животном мире"

5.2. Организация и ведение государственного мониторинга объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, обеспечивается в соответствии с приказом Минприроды России от 22.12.2011 N 963 "Об утверждении Порядка ведения государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира" (зарегистрирован в Минюсте России 14.03.2012 N 23473).

5.3. Ведение государственного мониторинга объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, осуществляется в соответствии с требованиями Единой государственной системы экологического мониторинга, введенными статьей 63.1 Федерального закона "Об охране окружающей среды".

VI. Подготовка и ведение государственного кадастра объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации

6.1. Государственный кадастр объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, содержит совокупность сведений о географическом распространении объектов животного и растительного мира, их численности, структуре популяций, а также характеристику среды обитания, информацию о лимитирующих факторах, о мерах их охраны и другие необходимые данные.

6.2. Минприроды России ведет государственный кадастр редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного и растительного мира в форме Красной книги Российской Федерации в соответствии с приказом Минприроды России от 22.12.2011 N 963 "Об утверждении Порядка ведения государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира" (зарегистрирован в Минюсте России 14.03.2012 N 23473).

ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

I. Общие положения

1. Настоящий Порядок организации и осуществления лесопатологического мониторинга (далее - Порядок) разработан в соответствии со статьей 56 Лесного кодекса Российской Федерации (Федеральный закон от 4 декабря 2006 г. N 200-ФЗ) (Собрание законодательства Российской Федерации, 2006, N 50, ст. 5278).

2. Лесопатологический мониторинг включает проведение сбора, анализа и использования информации о лесопатологическом состоянии лесов, в том числе об очагах вредных организмов, отнесенных к карантинным объектам.

3. Информационной основой организации и осуществления лесопатологического мониторинга являются:

- а) данные лесоустройства;
- б) результаты лесопатологических обследований;
- в) данные государственного лесного реестра;
- г) сведения о метеорологической обстановке;
- д) картографические материалы.

4. При осуществлении лесопатологического мониторинга обеспечиваются:

а) своевременное выявление неудовлетворительного лесопатологического состояния лесов, определение причин его возникновения;

б) проведение оценки эффективности профилактических, санитарно-оздоровительных мероприятий, авиационных и наземных работ по локализации и ликвидации очагов вредных организмов;

в) подготовка прогноза развития наблюдаемых в лесах патологических процессов и явлений, а также проведение оценки их возможных последствий;

г) подготовка, обработка и хранение информации о лесопатологическом состоянии лесов;

д) подготовка обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов, рекомендаций по обеспечению санитарной безопасности в лесах;

е) своевременное направление информации о необходимости проведения мероприятий по защите лесов лицам, осуществляющим защиту лесов.

5. В первую очередь лесопатологический мониторинг организуется в отношении лесных насаждений ценных древесных пород, защитных лесов, лесов, расположенных в зонах техногенного загрязнения, пострадавших от стихийных бедствий, пожаров, вредных организмов, иных неблагоприятных факторов. Объектами лесопатологического мониторинга являются также опасные для леса вредные организмы, в том числе отнесенные к категории карантинных, и другие факторы, негативно влияющие на состояние лесов.

6. Способами осуществления лесопатологического мониторинга являются:

а) наземные наблюдения за состоянием объектов лесопатологического мониторинга;

б) дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов;

в) лесопатологическая таксация;

г) экспедиционные обследования.

7. Применение способов осуществления лесопатологического мониторинга

определяется в соответствии с лесозащитным районированием. В зоне слабой лесопатологической угрозы применяются преимущественно дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов и, при необходимости, экспедиционные обследования. В зоне средней лесопатологической угрозы применяются дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов, наземные наблюдения за состоянием объектов лесопатологического мониторинга и лесопатологическая таксация. В зоне сильной лесопатологической угрозы используются все способы лесопатологического мониторинга с преобладанием наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга.

II. Наземные наблюдения за состоянием объектов лесопатологического мониторинга

8. Наземные наблюдения за состоянием объектов лесопатологического мониторинга осуществляются на сети постоянных пунктов наблюдения, размещенных или равномерно по площади лесов или с учетом выделенных более однородных групп (страт) лесных насаждений, сходных по древесным породам, типам леса, возрастам, лесорастительным условиям.

9. Периодичность осуществления наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга и количество постоянных пунктов наблюдения с учетом заданной точности определяются в зависимости от зоны лесопатологической угрозы.

10. Постоянные пункты наблюдения организуются в лесах различного целевого назначения и фиксируются на местности с помощью лесохозяйственных знаков.

11. При обнаружении на постоянных пунктах наблюдения опасных отклонений в состоянии лесных насаждений или при появлении признаков массового размножения вредных организмов осуществляются регулярные лесопатологические наблюдения за изменением численности вредных организмов в целях своевременного определения степени поражения и размера усыхания лесных насаждений.

III. Дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов

12. Дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов предусматривают использование аэрокосмических средств наблюдения и включают в себя космическую и авиационную съемку, аэровизуальное обследование лесов.

Дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов представляют собой регулярные выборочные наблюдения либо специальные обследования в случае возникновения массовых повреждений лесов.

13. При осуществлении дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов масштаб (пространственное разрешение) авиационной и (или) космической съемки, вид изображений, спектральное разрешение, время и периодичность съемки, установление порядка получения материалов съемки, необходимых технических и программных средств для их обработки и анализа определяются в зависимости от объекта и задач лесопатологического мониторинга.

14. Информация о состоянии лесов, полученная в результате осуществления дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов, используется в том числе для решения следующих задач:

- а) выбора первоочередных объектов для применения других способов лесопатологического мониторинга;
- б) разработки и составления тематических, в том числе оценочно-прогнозных карт;
- в) обеспечения наземного наблюдения за состоянием объектов лесопатологического мониторинга.

15. Оценка лесопатологического состояния лесов при осуществлении дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов осуществляется путем дешифрирования снимков, распознавания изображенных на них признаков повреждения и усыхания лесных насаждений. Работа с данными аэрокосмических средств наблюдения проводится с использованием геоинформационных технологий, с привлечением наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга на тестовых участках, цифровых карт и материалов государственной инвентаризации лесов.

IV. Лесопатологическая таксация

16. Лесопатологическая таксация проводится с целью определения границ площади, занятой лесными насаждениями, подвергшимися негативному воздействию патологических факторов.

17. Лесопатологическая таксация организуется и проводится на основании результатов наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга и дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов, а также лесопатологического обследования.

18. При лесопатологической таксации осуществляются визуальная оценка состояния лесных насаждений, численности и распространения вредных организмов, а также учет плотности вредных организмов, в том числе с применением инструментальных измерений.

IV. Экспедиционные обследования

19. Экспедиционные обследования используются в случаях поражения лесов неблагоприятными факторами на значительных площадях для определения санитарного и лесопатологического состояния лесов и причин их ослабления.

20. В зависимости от поставленных задач, планируемой точности работ и доступности лесных участков экспедиционные обследования делятся на сплошные и выборочные экспедиционные обследования. Сплошные экспедиционные обследования применяются в защитных и эксплуатационных лесах. Выборочные экспедиционные обследования применяются в резервных лесах, а также в лесах, частично или полностью недоступных для наземного транспорта.

Утверждено Приказом Министра охраны
окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации
от 9 февраля 1995 г. N 49

2.3 ПОЛОЖЕНИЕ О ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Настоящее Положение определяет цели и задачи организации и функционирования Единой государственной системы экологического мониторинга (далее именуется **ЕГСЭМ**), ее структуру, порядок функционирования, правовой статус информации.

I. Цели, задачи и функции ЕГСЭМ

1. Единая государственная система экологического мониторинга функционирует и развивается с целью информационного обеспечения управления в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, обеспечения экологически безопасного устойчивого развития страны и ее регионов, ведения государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и экосистем, природных ресурсах, источниках антропогенного воздействия.

2. Основными задачами ЕГСЭМ являются:

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

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

прогнозирование 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.

3. 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.

II. Структура ЕГСЭМ

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

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

5. 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.

6. 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.

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

7. Руководство подсистемами осуществляют специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти в соответствии с распределением функций, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.11.93 N 1229 "О создании единой государственной системы экологического мониторинга".

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

8. В ЕГСЭМ образуются специализированные ведомственные подсистемы, связанные с мониторингом источников антропогенного воздействия предприятий различных отраслей промышленности и сельского хозяйства страны.

9. 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.

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

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

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

III. Функционирование ЕГСЭМ

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

На территориальном уровне функционируют локальные системы экологического мониторинга, организация которых осуществляется предприятиями и организациями, осуществляющими хозяйственную деятельность на территории субъектов Российской Федерации.

14. Территориальные подсистемы ЕГСЭМ формируются в субъектах Российской Федерации по унифицированным методологическим принципам с целью обеспечения

сопоставимости информации между отдельными территориальными подсистемами ЕГСЭМ и включают в себя как базовую сеть мониторинга федерального уровня, так и соответствующую сеть мониторинга объектов в интересах данного субъекта Российской Федерации.

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

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

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

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

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

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

18. Региональный уровень ЕГСЭМ может быть образован для решения задач экологического мониторинга, носящих региональный характер, с определением территориальных подсистем ЕГСЭМ, участвующих в формировании региональной системы. Целесообразность создания регионального уровня ЕГСЭМ определяется:

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

- сложившейся структурой территориальных (региональных) органов ряда ведомств;

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

19. На федеральном уровне ЕГСЭМ выполняет следующие основные функции:

- обобщение информации, получаемой на территориальном или региональном уровнях;

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

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

- информирование населения и общественности России об основных показателях, характеризующих экологическую обстановку на территории страны, и крупно-

масштабных тенденциях ее изменения;

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

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

20. Сбор, хранение и анализ информации, поступающей от информационных звеньев базовых и специализированных подсистем мониторинга территориального уровня, а также федеральных центров специализированных подсистем, не имеющих территориального уровня, осуществляется в информационно-управляющих федеральных центрах соответствующих подсистем ЕГСЭМ, связанных между собой на единой организационной, методической и информационной основе. Федеральный информационно-аналитический центр Минприроды России осуществляет сводный анализ информации, передаваемой из информационно-управляющих центров соответствующих подсистем ЕГСЭМ федерального и территориального уровней в порядке, согласованном с федеральными органами исполнительной власти, обеспечивающих функционирование ЕГСЭМ, и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

21. Обмен данными между информационными центрами подсистем ЕГСЭМ осуществляется на принципе бесплатного доступа к данным мониторинга, полученным за счет бюджетных средств.

Утверждено Приказом МПР России
от 21.05.2001 N 433

ПОЛОЖЕНИЕ О ПОРЯДКЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Настоящее Положение устанавливает порядок осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации.

1. Государственный мониторинг состояния недр или геологической среды (далее по тексту - ГМСН) представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, недропользования и других видов хозяйственной деятельности. ГМСН является составной частью (подсистемой) комплексной системы мониторинга окружающей природной среды.

2. Целью ГМСН является информационное обеспечение управления государственным фондом недр и рационального недропользования в части, вытекающей из задач и функций ГМСН.

3. Основными задачами ГМСН являются:

- получение, обработка и анализ данных о состоянии недр;
- оценка состояния недр и прогнозирование его изменений;
- своевременное выявление и прогнозирование развития природных и техногенных процессов, влияющих на состояние недр;
- учет состояния недр по объектам недропользования, запасов подземных вод и их движения;
- разработка, обеспечение реализации и анализ эффективности мероприятий по обеспечению экологически безопасного недропользования и охраны недр, а также по

предотвращению или снижению негативного воздействия опасных геологических процессов;

- регулярное информирование органов государственной власти, организаций, недропользователей и других субъектов хозяйственной деятельности об изменениях состояния недр в установленном порядке;

- межведомственное взаимодействие и международное сотрудничество в сфере экологически безопасного природопользования.

4. Система государственного мониторинга состояния недр включает следующие подсистемы:

- мониторинг подземных вод;

- мониторинг опасных экзогенных геологических процессов;

- мониторинг опасных эндогенных геологических процессов;

- мониторинг месторождений углеводородов;

- мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых;

- мониторинг участков недр, используемых для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых;

- мониторинг участков недр, испытывающих воздействие хозяйственной деятельности, не связанной с недропользованием;

- мониторинг геологической среды континентального шельфа.

а) Подсистема мониторинга подземных вод (подземных водных объектов) предназначена для оценки состояния подземных вод и прогноза изменения этого состояния, в том числе эксплуатируемых месторождений подземных вод; учета эксплуатационных запасов подземных вод и их использования; ведение государственного водного кадастра по разделу "подземные воды". Мониторинг подземных вод одновременно является составной частью государственного мониторинга водных объектов. Результаты мониторинга водных объектов в необходимых случаях учитываются в системе ГМСН.

б) Подсистема мониторинга опасных экзогенных геологических процессов предназначена для выявления, учета, оценки состояния и прогнозирования развития опасных экзогенных геологических процессов и функционально связана с Российской автоматизированной информационно-управляющей системой по чрезвычайным ситуациям.

в) Подсистема мониторинга опасных эндогенных геологических процессов предназначена для оперативного контроля за изменением напряженно-деформированного состояния горных пород сейсмоактивных зон с целью прогноза сильных землетрясений. Подсистема одновременно является составной частью федеральной системы сейсмических наблюдений и прогноза землетрясений.

г) Подсистема мониторинга месторождений углеводородов предназначена для оценки текущего состояния разрабатываемых месторождений нефти и газа и прогнозирования изменений этого состояния, включая загрязнение недр нефтепродуктами; учета состояния участков недр по объектам недропользования, связанным с добычей углеводородов.

д) Подсистема мониторинга месторождений твердых полезных ископаемых предназначена для оценки текущего состояния разрабатываемых месторождений и прогнозирования изменений этого состояния, включая наблюдения за состоянием массива горных пород и деформациями земной поверхности в соответствии с требованиями Госгортехнадзора России; учета состояния участков недр по объектам недропользования, связанным с добычей твердых полезных ископаемых.

е) Подсистема мониторинга участков недр, используемых для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, предназначена для оценки состояния недр и прогноза изменения этого состояния при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, при строительстве и эксплуатации нефте- и газохранилищ в пластах горных пород, при захоронении радиоактивных и иных опасных отходов в глубоких подземных горизонтах, а также при размещении в недрах промышленных и бытовых отходов.

ж) Подсистема мониторинга участков недр, испытывающих воздействие хозяйственной деятельности, не связанной с недропользованием, предназначена для оценки состояния недр и прогноза изменения этого состояния, включая загрязнение недр, активизацию экзогенных и эндогенных процессов, под воздействием различных объектов хозяйственной деятельности.

з) Подсистема мониторинга геологической среды континентального шельфа предназначена для оценки изменения состава и свойств донных отложений; состояния подземных вод и развития экзогенных геологических процессов в пределах шельфа, влияния разработки месторождений полезных ископаемых на шельфе на другие компоненты окружающей природной среды (морские воды, биоту и др.).

5. Организацию работ по государственному мониторингу состояния недр осуществляет Министерство природных ресурсов Российской Федерации (МПР России) во взаимодействии с другими специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды и природопользования.

По вопросам ведения ГМСН Министерство природных ресурсов Российской Федерации взаимодействует в пределах компетенции:

- с Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - координация действий при возникновении чрезвычайных ситуаций (в случаях катастроф природного характера, проявления опасных геологических процессов);

- с Министерством здравоохранения Российской Федерации - при ведении социально - гигиенического мониторинга в части оценки качества воды подземных источников хозяйственно - питьевого водоснабжения, а также состояния подземных вод, относящихся к природным лечебным ресурсам;

- с Федеральной службой земельного кадастра России - по вопросам ведения государственного мониторинга земель, государственного земельного кадастра, землеустройства в части сведений о границах и площадях земельных участков, их правовом положении, состоянии и использовании;

- с Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - при ведении мониторинга поверхностных вод суши, морской среды, атмосферы и почв в части оценки влияния изменения состояния указанных компонентов окружающей природной среды на состояние недр;

- с Федеральным горным и промышленным надзором России - при ведении мониторинга месторождений углеводородов, минеральных, теплоэнергетических и промышленных подземных вод, твердых полезных ископаемых, а также участков недр, используемых для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых;

- с Федеральным надзором России по ядерной и радиационной безопасности - при ведении мониторинга участков недр, предоставленных в пользование для захоронения радиоактивных отходов.

6. Нормативное, методическое и организационное обеспечение ведения ГМСН

осуществляет МПР России.

7. Государственный мониторинг состояния недр осуществляется на федеральном, региональном, территориальном (административно - территориальном) и объектном (локальном) уровнях.

а) Порядок организационного и финансового обеспечения работ по ведению ГМСН на федеральном и региональном уровнях определяет МПР России.

б) На территориальном (административно - территориальном) уровне ведение ГМСН обеспечивают территориальные органы МПР России во взаимодействии со специально уполномоченными органами в области охраны окружающей природной среды и природопользования субъектов Российской Федерации.

в) Ведение объектного (локального) мониторинга состояния недр осуществляют недропользователи и иные субъекты хозяйственной деятельности, влияющие на состояние недр. Условия, объемы и виды мониторинга определяются в процессе получения участков недр в недропользование.

8. Информационной основой осуществления ГМСН являются сведения о состоянии недр, полученные при выполнении геологоразведочных, горнодобывающих и всех других видов работ, связанных с государственным геологическим изучением и использованием недр, и данные по наблюдательным пунктам, объединяемым в государственную опорную, ведомственные, муниципальные и локальные (объектные) наблюдательные сети.

а) Пункты наблюдений, участки и полигоны государственной опорной сети, созданные за счет государственных средств, являются государственной собственностью и размещаются на площадях как с естественным так и с нарушенным состоянием недр.

б) Наблюдательные пункты ведомственных и муниципальных сетей находятся в ведении соответствующих ведомств Российской Федерации и муниципальных органов субъектов Российской Федерации.

в) Организации, вне зависимости от ведомственной принадлежности и форм собственности, выполняющие геологоразведочные, горнодобывающие и другие виды работ, связанные с изучением и использованием недр (пользователи недр), передают данные о состоянии недр в систему мониторинга МПР России.

9. Информация о состоянии недр, получаемая при ведении ГМСН, относится к государственным информационным ресурсам ГМСН, являющимся составной частью государственного фонда геологической информации. Отнесение информационных ресурсов ГМСН к ведению Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, совместному ведению Российской Федерации и субъектов Российской Федерации осуществляется в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации о недрах и государственных информационных ресурсах. Информация системы ГМСН должна соответствовать государственным стандартам, а также требованиям, утвержденным МПР России, в том числе для Государственного банка цифровой геологической информации и фондов геологической информации.

10. Порядок и условия поступления в информационный фонд ГМСН конфиденциальной и закрытой информации, содержащей государственную тайну, определяются действующим законодательством.

11. Информация о состоянии недр, получаемая при ведении ГМСН, ежегодно представляется МПР России в обобщенном виде органам государственной власти Российской Федерации, субъектов Российской Федерации для использования при принятии решений в области природопользования.

3 ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Основная цель, которую должен преследовать общественный экологический мониторинг, – повышение доступности экологической информации для поиска приемлемых для всех сторон решений экологических (нередко переходящих в разряд социальных) проблем.

Классификация видов мониторинга и возможности общественного участия представлена в таблице 2.

Табл. 2 – Классификация видов мониторинга и возможности общественного участия (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Виды мониторинга	Объекты наблюдений и оценки	Возможности общественного участия
Мониторинг источников воздействия и отходов	сбросы, выбросы, размещение и удаление отходов, использование ресурсов и готовой продукции	при правильной организации общественный экологический мониторинг источников воздействия может оказаться очень эффективным. Мощная приборная база далеко не обязательна: многие задачи могут решаться простейшими методами, в том числе и не требующими специального оборудования.
Мониторинг факторов воздействия	физические, химические, биологические факторы воздействия	эффективность этого вида мониторинга также достаточно велика. Обычно требуется некоторое оборудование. Выбор оборудования зависит от задач, которые ставит перед собой группа.
Мониторинг состояния биосферы	геофизический мониторинг (атмосфера, океан, поверхность суши с реками и озерами); биологический мониторинг (биота)	некоторое место для общественных действий все же имеется и здесь — прежде всего в части защиты биоты в зонах интенсивного воздействия. Однако в целом эффективность общественного мониторинга на этом уровне невелика

Повышение доступности достигается путем использования и анализа как государственной (официальной) экологической информации, так и дополнительных сведений, которыми располагают различные исследовательские, образовательные, общественные организации. В ряде случаев может быть необходимо организовать собственные наблюдения и провести оценку ситуации, в результате которой формируется новая, не создаваемая и не анализируемая другими организациями информация.

Как правило, общественный экологический мониторинг организуется с целью принятия активных мер. В некоторых случаях общественные организации

предполагают обращение в органы власти, в других – пытаются оказывать воздействие на предприятия; иногда планируют прямые действия, направленные на улучшение состояния объекта наблюдений. В этом смысле можно говорить, что общественный экологический мониторинг неразрывно связан с общественным экологическим контролем и служит информационной базой последнего.

Наиболее эффективно общественный экологический мониторинг может выполнять такие функции:

1. Создание дополнительного информационного канала; повышение оперативности экологического контроля и эффективности оповещения населения о происшествиях и нештатных ситуациях;

2. Наблюдение за объектами, которые либо не включены в программы мониторинга государственных природоохранных служб, либо описываются недостаточно полно;

3. Привлечение внимания к проблемам, которые ранее по разным причинам не были обозначены;

4. Развитие экологического образования, просвещения и воспитания. Отдельного упоминания заслуживает еще одна возможность использования общественного мониторинга – послепроектный анализ, т.е. оценка реальных экологических последствий осуществления проекта и соотнесения их с проектным прогнозом.

3.1 Объекты общественного мониторинга

Следует отметить, что **общественный экологический мониторинг не может рассматриваться как инструмент для изучения глобальных проблем.** И дело не только в том, что для адекватного решения задач фоновых мониторингов, поставленных в сети ГСМОС, требуется привлечение особых ресурсов (в частности, предполагается ведение многолетних наблюдений). Причина этого носит практический характер, т.к. рычаги воздействия на глобальные процессы (кроме образовательных в широком смысле этого слова) в большинстве случаев находятся вне досягаемости конкретного сообщества, живущего в данной местности. Даже возможности непосредственного влияния на региональные проблемы зачастую ограничены. Общественный мониторинг оказывается эффективным лишь тогда, когда, следуя известному изречению, **думают глобально** (или в границах региона в целом), но **действуют локально**. Характерным примером таких локальных объектов общественного мониторинга являются малые реки или другие объекты местного масштаба.

Именно в отношении **малых водных объектов** местное население имеет достаточно рычагов, чтобы реально повлиять на принятие контрольных мер и этим способствовать улучшению их состояния. Воспитательное и образовательное значение наблюдений и трудовых акций (например, по расчистке русел малых рек), выполняемых силами общественных организаций, школьников, учащихся техникумов и студентов, трудно переоценить.

Санэпиднадзор и организации, осуществляющие эксплуатацию систем водоснабжения, организуют наблюдения за **качеством питьевой воды** в местах водозабора, перед поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети. Как правило, они не располагают сведениями о качестве воды на выходе, у потребителя. Весьма

ограничены данные, характеризующие состав воды в системе децентрализованного водоснабжения. Граждан же вполне закономерно интересует информация о том, какая вода поступает в их дома. Отметим, что при сегодняшнем состоянии разводящих сетей многие параметры, характеризующие состав питьевой воды у потребителя, определяются вторичным загрязнением в этих сетях (вызванным накоплением загрязнений в застойных зонах, негерметичностью, коррозией водопроводов и т.п.) Подобные ситуации предоставляют широкое поле для организации результативного общественного мониторинга.

В таких случаях серьезную роль могут сыграть также наблюдения, организованные вузами, школами, детскими общественными организациями. Конечно, речь не идет о точных измерениях. Но приемы изучения сред, накапливающих вредные вещества, и методы биомониторинга (оценка запыленности, загрязненности снежного покрова, изменений в состоянии растительности, оценка состояния водоема по населяющим его гидробионтам и т.п.) с успехом могут быть использованы.

3.2 Задачи общественного экологического мониторинга

Понятие **общественного экологического контроля и его задачи** определены Федеральным Законом «Об охране окружающей природной среды».

1. Общественный контроль в области охраны окружающей среды (общественный экологический контроль) осуществляется в целях реализации права каждого на благоприятную окружающую среду и предотвращения нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

2. Общественный контроль в области охраны окружающей среды (общественный экологический контроль) осуществляется общественными и иными некоммерческими объединениями в соответствии с их уставами, а также гражданами в соответствии с законодательством.

3. Результаты общественного контроля в области охраны окружающей среды (общественного экологического контроля), представленные в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, подлежат обязательному рассмотрению в порядке, установленном законодательством.

3.3 Основные принципы функционирования сети общественного экологического мониторинга межрегионального (международного) уровня

1. Единство целей. Цели, которые ставят перед собой разные общественные экологические группы, могут быть весьма различны. Это и проблемы экологического образования, формирование региональной экологической политики, оценка экологической обстановки и уровня воздействия на окружающую среду конкретных предприятий для поиска путей снижения нагрузки. Хотя цели и соответственно методы работы этих групп могут различаться, в самой организации работы возникают общие проблемы (финансирование, взаимодействие с органами власти, СМИ, общественностью и пр.).

Сеть будет более устойчивой, если ее участники тесно общаются и ставят перед собой сходные цели.

2. Общая методология. Единство приемов и методов работы (в частности, использование апробированных методик) – важная составная часть работы сети. Известно, что использование различных методик исследования часто приводит к получению несопоставимых результатов.

При введении в практику работы новых, ранее не использованных вами методов необходимо исследовать вопрос сопоставимости результатов.

Применение единых методик и подходов существенно облегчает организацию взаимопомощи между участниками сети. Во многих случаях наиболее хорошо подготовленные и опытные участники могут оказать неоценимую помощь своим коллегам. Консультации, ответы на технические вопросы могут быть заочными; наиболее типичные проблемы следует выносить на широкое обсуждение, например, в ходе семинаров и рабочих встреч.

3. Работа над общими программами и проектами. Даже в том случае, если участники сети решают, в основном, разные проблемы, продуктивна работа над общими программами или проектами. Совместные проекты способствует укреплению взаимодействия групп общественного экологического мониторинга. Такими объединяющими направлениями могут стать образовательные программы, программа контроля качества измерений. Надежность и сопоставимость данных является основой функционирования любой системы мониторинга, необходимо тщательно контролировать качество результатов, получаемых участниками сети. Неадекватные результаты (в том числе неверная схема организации мониторинга или некорректная интерпретация данных) могут дискредитировать всю работу в целом.

Естественно, в тех случаях, когда просматривается возможность более тесного взаимодействия участников сети, ее необходимо реализовать.

4. «Децентрализованное взаимодействие». Сетевая структура, где участники общаются «по горизонтали», как правило, более устойчива и не требует значительных затрат на координацию. Поэтому чрезвычайно важно организовать непосредственное взаимодействие всех участников сети. Необходимо выявлять общие интересы участников. Эффективно стимулируют такое взаимодействие уже упомянутые деловые встречи (конференции, семинары, рабочие совещания и пр.) Хорошо организованная встреча может дать значительно больший результат, чем многолетние заочные контакты. Основной функцией координирующей структуры должно быть методическое обеспечение и организация общих программ.

5. Способность к саморазвитию. Важным показателем устойчивости сети (а косвенно – и ее эффективности) является способность к саморазвитию. Особенно показательным является развитие сети «вширь», когда новые члены находят собственные ресурсы для организации проектов, осуществляемых в рамках общей сети. Такое развитие, как правило, свидетельствует о верно выбранной стратегии развития сети, актуальности ее существования. Если в вашей сети появляются новые участники, – вы на верном пути. Если этого не происходит, постарайтесь проанализировать причины. Скорее всего, вам удастся установить важные пробелы в вашей работе.

Перед прочтением следующего материала предположите: какова роль общественности в организации научного экологического мониторинга.

3.4 Как организовать общественный экологический мониторинг

Экологический мониторинг рассматривается в общем контексте работы общественных экологических организаций; обсуждаются вопросы распространения и практического применения получаемой информации.

Исторически сложилось так, что многие общественные экологические движения, зародившись на заре перестройки, сразу окунулись в политическую борьбу. Стало ясно, что никаким криком не заменишь кропотливой, иногда малозаметной, но совершенно конкретной работы. Число активистов общественных экологических движений поуменилось, зато стало более ясно, какова сфера деятельности этих организаций. И оказалось, что эта сфера очень немалая.

Первый урок прошедшего десятилетия общественного экологического движения в России заключается в том, что экологические проблемы нашей страны не решить наскоком. Нужна серьезная работа по выявлению наиболее важных проблем, умение правильно поставить задачу, спланировать программу ее решения, исходя из имеющихся ресурсов. Надо уметь договариваться и с государственными, и с другими общественными экологическими организациями.

В этом, вероятно, заключается и второй урок: нужно отходить от жесткой, во многом политизированной конфронтации с государственными организациями, которым поручено заниматься охраной окружающей природной среды или охраной и использованием природных ресурсов. Это не означает, что общественность должна быть только «тенью» государственных органов. У тех и у других – свои задачи и свои методы решения. Однако цель все-таки общая. Общественное мнение – сильное средство. Прибегать к нему необходимо, необходимо иногда и кричать. Но делать это надо, имея аргументированную и конструктивную позицию. Крик по любому, самому незначительному поводу может привести к результату, описанному в знаменитой сказке Л.Толстого про мальчика-пастуха и волков.

И наконец, третий урок: для занятия природоохранной работой недостаточно иметь только желание – нужны знания и практический опыт. Это вещи наживные. Однако надо иметь перечень необходимых книг. Требования к этой литературе серьезные. Во-первых, они должны быть понятны неспециалисту и не слишком скучны. Во-вторых, они должны быть достаточно информативны и научны, чтобы без привлечения дополнительной литературы читатель мог бы получить необходимую для работы информацию. В-третьих, они должны содержать конкретные примеры того, как наладить работу, как ее провести, какие выводы сделать и к кому обратиться.

Предлагаемая читателю книга удовлетворяет этим требованиям в полной мере.

Вообще, наблюдение за состоянием окружающей среды – это присущая любому человеку от рождения особенность. Утром мы выглядываем в окно, чтобы узнать погоду. Однако научиться видеть природу через "экологические очки" непросто, хотя каждому человеку, вероятно, дано это чувство – ощущать неблагополучие в природе. Но, как и в любом другом деле, слепо доверяться чувству опасно. Наука о мониторинге как раз и оснащает людей этими "экологическими очками", чтобы уметь видеть и предвидеть болезни природы.

Эта наука выработала много различных методов и приемов наблюдения за состоянием окружающей среды: здесь и физические, и химические, и биологические методы. Многие из этих методов очень сложны и требуют привлечения

дорогостоящих приборов. Однако существует большая сфера мониторинга доступными и недорогими средствами. Я думаю, что в условиях современной России, когда денег на все не хватает, мы можем эффективно использовать недорогие методы и приборы. Уверен, что в условиях резкого сужения объема мониторинговой информации, которую получают государственные органы, именно информация неправительственных организаций может хотя бы отчасти решить эту проблему. Свой вклад могут внести не только общественные организации, но и университеты, вузы, школы. Они часто имеют хорошее оборудование или, по крайней мере, лабораторные помещения, в которых можно проводить химические или биологические измерения. Во многом проблема состоит в необходимой и умелой организаторской работе. И здесь данная книга по мониторингу является незаменимой.

Более того, многие важные результаты можно получить вообще без оборудования, используя только те "приборы", которыми нас оснастила природа, то есть органы чувств. Однако и этому умению надо учиться. Как научиться читать "книгу природы" и узнавать ее болезни, вы тоже узнаете в книге.

Материал, содержащийся в книге, позволяет читать и использовать ее людям с разным образованием и разной степенью подготовки. В нее включены несколько приложений, написанных на вполне профессиональном уровне. Эта информация потребуется непременно, когда вы начнете практическую работу, но на стадии знакомства с мониторингом ее можно пропустить.

Кроме проблем измерения, в книге обсуждаются и другие важные темы: как организовать наблюдения за состоянием окружающей природной среды, как выбрать приоритеты в проведении этих наблюдений, как сформировать разумную программу, как интерпретировать результаты наблюдений, как взаимодействовать с населением, властями, средствами массовой информации и т.д. В книге приведено много примеров, она интересно написана. Я ее прочитал от «корки до корки», не прерываясь.

Разумеется, эта книга не "закрывает" всех проблем общественного природоохранного движения в целом и общественного мониторинга в частности. Например, в этой книге силен "химический" уклон. В то же время, многие экологические проблемы можно и нужно решать на уровне биотестирования и биоиндикации. Эти методы в книге представлены очень кратко. Важной частью системы наблюдения является геоэкологический мониторинг, то есть состояние берегов, оценка опасности подтоплений и наводнений, состояние ландшафтов, вообще территории (опасность эрозии, оползней и пр.)

Но как говорится: не объять необъятного. А тема мониторинга действительно необъятна. В этой необъятности предлагаемая книга "закрывает" очень важную и очень обширную часть проблем.

Об охране природы говорят и пишут много (хотя меньше и более взвешенно, чем 4-5 лет назад. И слава Богу!). Однако делается немного, во всяком случае много меньше, чем можно. Идут бесконечные реорганизации природоохранительных органов, а реально выделяемые на охрану окружающей природной среды средства постоянно уменьшаются. Все это не может не сказаться на объеме и качестве той конкретной работы, которую ведет государство. Поэтому конструктивным является путь, который можно назвать местным, то есть центр тяжести природоохраны должен сместиться на уровень области, города, поселка, деревни, наконец, микрорайона или отдельной многоэтажки. Суметь найти энтузиастов, научить их работать, организовать конкретную, пусть небольшую работу – вот главная задача в настоящее

время. Замечу, что и в развитых благополучных странах именно местный уровень является основным, а всякие известные и громкие зеленые организации – это только вершина айсберга.

В конкретной природоохранной работе рождается опыт, а главное – появляется уверенность в том, что охрана окружающей среды – это не только и не столько дело Президента, Думы или губернатора и мэра, но это наше дело.

Возможность самостоятельно получать информацию о состоянии окружающей среды очень важна для реализации права на общественный экологический контроль, закрепленного российским законодательством. Наличие независимой информации способно значительно укрепить позиции общественности как в качестве партнера государственных органов или предприятий, так и в качестве их оппонента.

Руководство предназначено и для начинающих организаций, и для уже имеющих опыт самостоятельной работы в этой области. Группа, которая, даже не думая о мониторинге, стремится разобраться, в чем причины и каковы проявления загрязнения реки или воздуха в районе, сможет спланировать свои первые действия при помощи этой книги.

Учитывая специфику общественных организаций, их ориентированность на практические результаты, мы затронули в книге многие вопросы, выходящие за рамки классического понятия мониторинга. Это, прежде всего, вопросы адаптации и распространения полученной информации, взаимодействия с населением, органами власти и предприятиями.

Особое внимание уделено простым и доступным методам, не требующим больших затрат, но позволяющим составить хотя бы общее представление о характере проблемы. Изложение иллюстрируется примерами, основанными на реальных ситуациях (они помещены во врезках).

Научные основы экологического мониторинга для общественников

Подлинно многие и почти бесчисленные наблюдения перемен и явлений, на воздухе бывающих, ...учинены от испытателей натуры и ...сообщены ученому свету, так чтобы нарочитой подлинности в предсказании погод уповать можно было...

М.В. Ломоносов. "Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих"

В различных видах научной и практической деятельности человека издавна применяется метод наблюдения – способ познания, основанный на относительно длительном целенаправленном и планомерном восприятии предметов и явлений окружающей действительности. Блестящие образцы организации наблюдений за природной средой описаны еще в первом веке нашей эры в "Естественной истории" Гая Секунда Плиния (старшего). Тридцать семь томов, содержащих сведения по астрономии, физике, географии, зоологии, ботанике, сельскому хозяйству, медицине, истории, служили наиболее полной энциклопедией знаний до эпохи средневековья.

Много позднее, уже в XX веке, в науке возник термин **мониторинг** для определения системы повторных целенаправленных наблюдений за одним или более элементами окружающей природной среды в пространстве и времени.

В последние десятилетия общество все шире использует в своей деятельности сведения о состоянии природной среды. Эта информация 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.

В соответствии со ставшим уже каноническим определением, **экологический мониторинг** – информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов.

Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

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

Таким образом, в систему экологического мониторинга входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия.

В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями мониторинг включает три основных направления деятельности:

- наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
- оценку фактического состояния среды;
- прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния.

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником необходимой для принятия экологически значимых решений информации. Термин **контроль**, нередко употребляющийся в русскоязычной литературе для описания аналитического определения тех или иных параметров (например, контроль состава атмосферного воздуха, контроль качества воды водоемов), следует использовать только в отношении деятельности, предполагающей принятие активных регулирующих мер.

"Толковый словарь по охране природы" определяет экологический контроль следующим образом:

Контроль экологический – деятельность государственных органов, предприятий и граждан по соблюдению экологических норм и правил. Различают государственный, производственный и общественный экологический контроль.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы (таблица 3):

- импактном (изучение сильных воздействий локальном масштабе – И);
- региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона - Р);
- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность – Ф).

Программа импактного мониторинга может быть направлена, например, на изучение сбросов или выбросов конкретного предприятия. Предметом регионального

мониторинга, как следует из самого его названия, является состояние окружающей среды в пределах того или иного региона. Наконец, 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 таблице 3.

Табл. 3 – Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности, принятая в системе ГСМОС (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

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	Микробиологические загрязнения	Пища	И, Р
	Реакционноспособные загрязнения	Воздух	И

Определение приоритетов при организации систем мониторинга зависит от цели и задач конкретных программ: так, в территориальном масштабе приоритет государственных систем мониторинга отдан городам, источникам питьевой воды и местам нерестилищ рыб; в отношении сред наблюдений первоочередного внимания заслуживают атмосферный воздух и вода пресных водоемов. Приоритетность ингредиентов определяется с учетом критериев, отражающих токсические свойства загрязняющих веществ, объемы их поступления в окружающую среду, особенности

их трансформации, частоту и величину воздействия на человека и биоту, возможность организации измерений и другие факторы.

Отметим, что приоритеты, выбранные общественными организациями при разработке программ мониторинга, могут быть сформулированы иным образом, не повторяющим ранжирование, принятое в ГСМОС. Это решение вполне оправданно, так как региональные и локальные приоритеты тесно связаны с экономикой региона, с местными источниками воздействия. Наконец, программа общественного мониторинга может быть связана с совершенно конкретной проблемой, которая и будет определять приоритеты в данном случае. Список литературы содержит ссылки на несколько десятков источников, посвященных этим вопросам.

Порядок организации и проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод определен **ГОСТом 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков** и соответствующими методическими указаниями. 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_в или ПДК_{вр} и более (в соответствии с типом водного объекта; определение указанных параметров см. в разделе "Нормирование качества воды"). 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 ПДК_в или ПДК_{вр} (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. Невозможность использования других методик, кроме стандартизованных, также порождает ряд проблем.

Исследование загрязненности территории области А. хлорорганическими суперэкоксикантами было осуществлено общественной организацией в сотрудничестве с областной СЭС. К моменту проведения работ СЭС получила уникальный хроматограф для экспресс-анализа хлорсодержащих соединений. Однако воспользоваться этим прибором она не могла, поскольку на тот момент отсутствовали

аттестованные методики отбора проб для анализов на хлорорганические экотоксиканты как в системе Госстандарта (государственная аттестация), так и в системе Госсанэпиднадзора (ведомственная аттестация). Проведение работ без аттестованных методик противоречило должностным инструкциям сотрудников СЭС.

В этом смысле положение общественной организации оказалось более выигрышным: для проведения исследований она смогла привлечь научную лабораторию, использовавшую признанные на международном уровне методики. На основе полученных результатов были приняты административные решения.

"Белые пятна" на карте государственного экологического мониторинга

Как уже было отмечено, осуществление экологического мониторинга в Российской Федерации входит в обязанности различных государственных служб. Это приводит к некоторой неопределенности (по крайней мере, для общественности) в отношении распределения обязанностей госслужб и доступности сведений об источниках воздействия, о состоянии окружающей среды и природных ресурсов. Ситуацию усугубляют периодические перестройки министерств и ведомств, их слияния и разделения.

На региональном уровне экологический мониторинг и/или контроль обычно вменяется в обязанность:

- Комитету по экологии (наблюдения и контроль за выбросами и сбросами действующих предприятий).
- Комитету по гидрометеорологии и мониторингу (импактный, региональный и отчасти фоновый мониторинг).
- Санитарно-эпидемиологической службе Минздрава (состояние рабочих, селитебных и рекреационных зон, качество питьевой воды и продуктов питания).
- Министерству природных ресурсов (прежде всего, геологические и гидрогеологические наблюдения).
- Предприятиям, осуществляющим выбросы и сбросы в окружающую среду (наблюдение и контроль за собственными выбросами и сбросами).
- Различным ведомственным структурам (подразделениям Минсельхозпрода, МинЧС, Минтопэнерго, предприятиям водно-канализационного хозяйства и проч.)

Для того, чтобы эффективно использовать сведения, уже полученные государственными службами, важно точно знать функции каждого из них в области экологического мониторинга.

В системе официального экологического мониторинга задействованы мощные профессиональные силы. Нужен ли еще общественный экологический мониторинг? Есть ли для него место в общей системе мониторинга, существующей в Российской Федерации?

Для того, чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим уровни экологического мониторинга, принятые в России (рисунок 5).

В идеальном случае система *импактного* мониторинга должна накапливать и анализировать детальную информацию о конкретных источниках загрязнения и их воздействии на окружающую среду. Но в сложившейся в РФ системе сведения о

деятельности предприятий и о состоянии среды в зоне их воздействия по большей части усреднены или основаны на заявлениях самих предприятий. Большая часть доступных материалов отражает характер рассеяния загрязняющих веществ в воздухе и в воде, установленный с помощью модельных расчетов, и результаты замеров (ежеквартальных – по воде, ежегодных или более редких – по воздуху). Состояние окружающей среды достаточно полно описывается лишь в крупных городах и промышленных зонах.

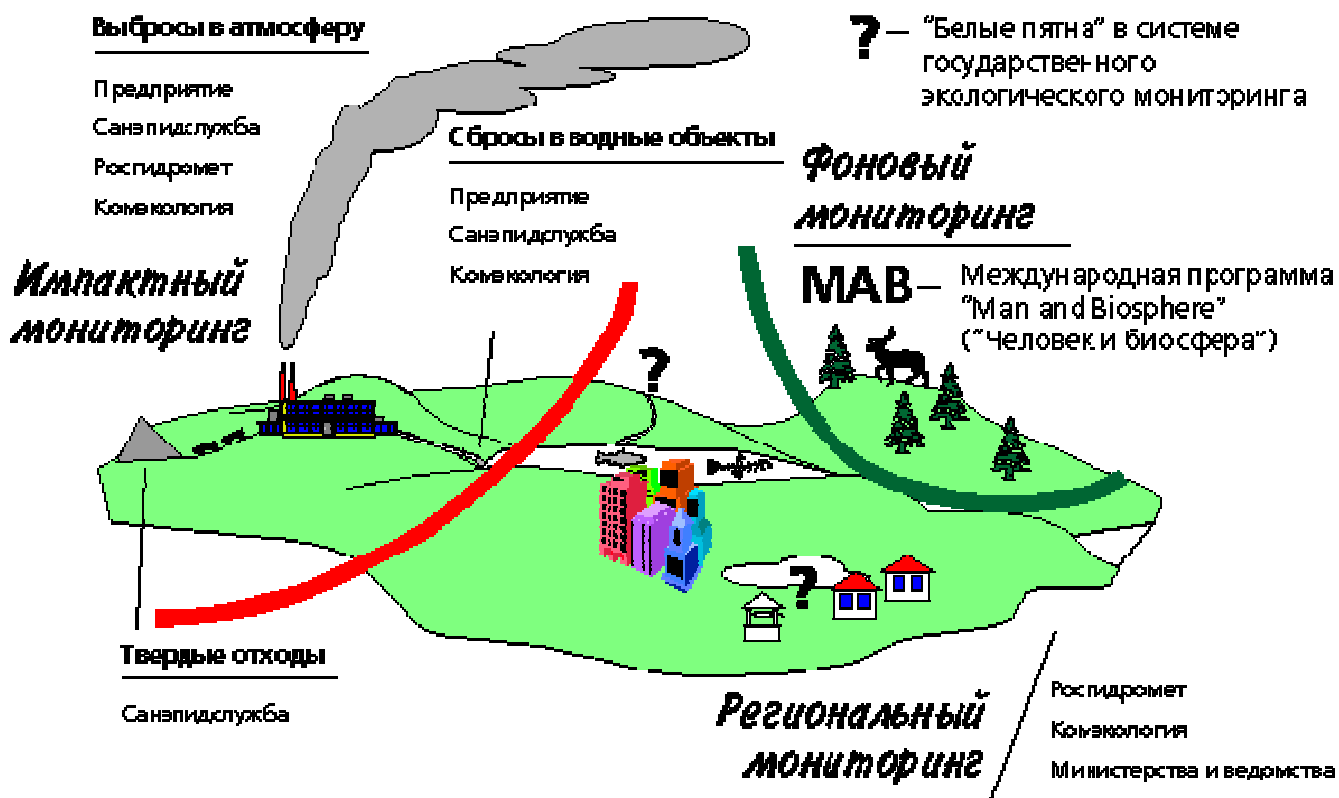


Рис. 5. – Уровни экологического мониторинга и распределение ответственности между государственными органами в РФ (по М.В. Хотелевой)

В области *регионального* мониторинга наблюдения ведутся в основном Росгидрометом, имеющим разветвленную сеть, а также некоторыми ведомствами (агрохимслужба Минсельхозпрода, водно-канализационная служба и др.) И, наконец, существует сеть *фонового* мониторинга, осуществляемого в рамках программы МАВ (Man and Biosphere).

Практически не охваченными сетью наблюдений остаются малые города и многочисленные населенные пункты, подавляющее большинство диффузных источников загрязнения. Мониторинг состояния водной среды, организованный, прежде всего, Росгидрометом и, до некоторой степени, санитарно-эпидемиологическими (СЭС) и коммунальными (Водоканал) службами, не охватывает подавляющее большинство малых рек. В то же время известно, что загрязнение больших рек в значительной части обусловлено вкладом разветвленной сети их притоков и хозяйственной деятельностью в водосборе. В условиях сокращения общего числа постов наблюдений очевидно, что государство в настоящее

время не располагает ресурсами для организации сколько-нибудь эффективной системы мониторинга состояния малых рек.

Чрезвычайно важный естественный компонент стратосферы – озон – выступает как загрязняющее вещество (сильный окислитель, участвующий в образовании фотохимического смога) в тропосфере (приземном слое воздуха).

Государственные службы, входящие в национальные системы мониторинга, должны ориентироваться на систему приоритетов ГСМОС. В то же время, они могут вводить и иные, дополнительные приоритеты, определяемые региональной или местной спецификой.

Источник воздействия на окружающую среду рассредоточенный, площадный (диффузный) – неорганизованный источник воздействия, линейные размеры которого влияют на оценку изменения качества окружающей среды в рассматриваемых расчетных точках, например места неорганизованного размещения и захоронения отходов, производственные корпуса и площадки в целом, промышленные районы. Источник воздействия на окружающую среду точечный – источник воздействия, линейные размеры которого не оказывают влияния на оценку качества окружающей среды в рассматриваемых расчетных точках, например выбросные трубы с круглым или прямоугольным устьем, организованные выпуски сточных вод.

Таким образом, на экологической карте ясно обозначены "белые пятна", где систематические наблюдения не проводятся. Более того, в рамках сети государственного экологического мониторинга отсутствуют предпосылки к их организации в этих местах. Именно эти "белые пятна" могут (а часто и должны) стать объектами общественного экологического мониторинга. Практическая ориентация мониторинга, концентрация усилий на местных проблемах в сочетании с продуманной схемой и корректной интерпретацией полученных данных позволяют эффективно использовать имеющиеся у общественности ресурсы. Кроме того, эти особенности общественного мониторинга создают серьезные предпосылки для организации конструктивного диалога, направленного на консолидацию усилий всех участников.

Нормирование качества природной среды (учебный материал для общественного экологического мониторинга)

Ничто не лишено ядовитости. Все зависит от дозы
Парацельс. "Ятрохимия"

Приведенные в этом разделе сведения, вероятно, покажутся многим читателям знакомыми (если не очевидными). Однако практика работы сети независимого экологического мониторинга, да и просто чтение разнообразных отчетов, статей, заметок в СМИ свидетельствуют о том, что именно непонимание системы нормирования приводит к появлению досадных ошибок в интерпретации интересного фактического материала.

В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под *воздействием*

понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

Определенная таким образом цель подразумевает наложение граничных условий (нормативов) как на само воздействие, так и на факторы среды, отражающие и воздействие, и отклики экосистем. Принцип антропоцентризма верен и в отношении истории развития нормирования: значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего, производственной). Тем самым было положено начало работам в области санитарно-гигиенического нормирования. Однако человек не самый чувствительный из биологических видов, и принцип "Защищен человек - защищены и экосистемы", вообще говоря, неверен.

Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему.

Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды. К настоящему времени известны лишь некоторые попытки учета нагрузки для растений суши и для сообществ водоемов рыбохозяйственного назначения (несколько слов об этом будет сказано в разделах, посвященных нормированию качества воздуха и воды).

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного вещества.

В специальной литературе принято называть **вредными** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, все **ксенобиотики** (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества) рассматривают как вредные.

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия. **Порог вредного действия** – это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Таким образом, пороговая доза вещества (или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма).

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов. Отметим, что утвержденные в СССР нормативы были весьма жесткими,

но редко соблюдались на практике. В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Таким образом, санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко отражает **комбинированное действие** (одновременное или последовательное действие нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов **комплексного** (поступления вредных веществ в организм различными путями и с различными средами – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы) и **сочетанного воздействия** всего многообразия физических, химических и биологических факторов окружающей среды. Существуют лишь ограниченные перечни веществ, обладающих эффектом суммации при их одновременном содержании в атмосферном воздухе.

Анализ того, как изменяются с течением времени значения предельно допустимых концентраций, свидетельствует об их относительности, вернее – об относительности наших знаний о безопасности или опасности тех или иных веществ. Достаточно вспомнить о том, что в пятидесятые годы ДДТ считался одним из безопаснейших для человека инсектицидов и широко рекламировался для использования в быту. Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться **временно допустимые концентрации (ВДК)** – полученные расчетным путем нормативы, рекомендованные для использования сроком на 2-3 года. В приложениях приводятся значения ВДК для различных загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве.

Подчеркнем, что в соответствии с **Постановлением № 1 от 06.02.92 Госкомитета санитарно-эпидемиологического надзора РФ** на территории России до принятия соответствующих нормативных актов РФ действуют санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы, утвержденные бывшим Министерством здравоохранения СССР, в части, не противоречащей санитарному законодательству Российской Федерации.

В публикациях иногда встречаются и другие характеристики загрязняющих веществ. Под **токсичностью** понимают способность веществ вызывать нарушения физиологических функций организма, что в свою очередь приводит к заболеваниям (интоксикациям, отравлениям) или, в тяжелых случаях, к гибели. Фактически токсичность - мера несовместимости вещества с жизнью.

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной **токсической дозы** – количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность.

Различают среднесмертельные (LD_{50}), абсолютно смертельные (LD_{100}), минимально смертельные (LD_{0-10}) и др. дозы. Цифры в индексе отражают вероятность

(%) появления определенного токсического эффекта – в данном случае, смерти, в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм. Доза ЛД₅₀ (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем ЛД₁₀₀ или ЛД₀. В зависимости от типа дозы, вида животных и пути поступления, выбранных для оценки, порядок расположения веществ на шкале токсичности может меняться. Величина токсической дозы не используется в системе нормирования.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования, предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают **научно-технические нормативы**. К научно-техническим нормативам относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

Научно-техническое нормирование предполагает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении загрязнения окружающей среды, иными словами, определяет предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК_в или ПДК_{мп} в окружающей среде *само по себе* не является нарушением со стороны предприятия, хотя, как правило, служит сигналом невыполнения установленных научно-технических нормативов (или свидетельством необходимости их пересмотра).

Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1992 года № 545 принят "Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов".

Нормирование качества воздуха

Под **качеством атмосферного воздуха** понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

Нормативами качества воздуха определены допустимые пределы содержания вредных веществ как в **производственной** (предназначенной для размещения промышленных предприятий, опытных производств научно-исследовательских институтов и т.п.), так и в **селитебной** зоне (предназначенной для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений) населенных пунктов. Основные термины

и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программ наблюдения, поведения примесей в атмосферном воздухе определены **ГОСТом 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.**

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{рз}}$) - концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Как следует из определения, $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ представляет собой норматив, ограничивающий воздействие вредного вещества на взрослую работоспособную часть населения в течение периода времени, установленного трудовым законодательством. Совершенно недопустимо сравнивать уровни загрязнения селитебной зоны с установленными $\text{ПДК}_{\text{рз}}$, а также говорить о ПДК в воздухе вообще, не уточняя, о каком нормативе идет речь.

Предельно допустимая концентрация максимально разовая ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$) – концентрация вредного вещества в воздухе **населенных мест**, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека.

Понятие $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ используется при установлении научно-технических нормативов – предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ. В результате рассеяния примесей в воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях на границе санитарно-защитной зоны предприятия концентрация вредного вещества в любой момент времени не должна превышать $\text{ПДК}_{\text{мр}}$.

Предельно допустимая концентрация среднесуточная ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$) – это концентрация вредного вещества в воздухе **населенных мест**, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

Таким образом, $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ рассчитана на все группы населения и на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества в воздушной среде. Именно величина $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ может выступать в качестве "эталона" для оценки благополучия воздушной среды в селитебной зоне. Но использование этого норматива в качестве единицы измерения (пять $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ по оксидам азота) – абсурдно!

Предложен ряд комплексных показателей загрязнения атмосферы (совместно несколькими загрязняющими веществами); наиболее распространенным и рекомендованным методической документацией Госкомэкологии, является комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Его рассчитывают как сумму

нормированных по ПДК_{сс} и приведенных к концентрации диоксида серы средних содержаний различных веществ:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{ср i}}{ПДК_{сс i}} \right)^{c_i}$$

где

Y_i - единичный индекс загрязнения для i -ого вещества;

$q_{ср i}$ - средняя концентрация i -ого вещества;

$ПДК_{сс i}$ - ПДК_{сс} для i -ого вещества;

c_i - безразмерная константа приведения степени вредности i -ого вещества к вредности диоксида серы, зависящая от того, к какому классу опасности (см. ниже) принадлежит загрязняющее вещество.

Классы опасности	1	2	3	4
Константа c_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Для сопоставления данных о загрязненности несколькими веществами атмосферы разных городов или районов города комплексные индексы загрязнения атмосферы должны быть рассчитаны для одинакового количества (n) примесей. При составлении ежегодного списка городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы для расчета комплексного индекса Y_n используют значения единичных индексов Y_i тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие.

В последнее время растет число публикаций, описывающих эффекты действия загрязняющих веществ на биоту, в том числе атмосферных примесей на растительность. Так, установлено, что хвойные породы деревьев, лишайники чувствительнее прочих видов реагируют на присутствие в воздухе кислых газов, в первую очередь, сернистого ангидрида. Исследователи предлагают установить предельно допустимые концентрации для диких видов с тем, чтобы использовать эти нормативы при оценке ущерба и ограничении воздействия на особо охраняемые природные объекты. Однако широкое применение чувствительность растений нашла лишь в биологическом мониторинге; экологическое нормирование состояния атмосферного воздуха на практике фактически не реализовано.

Нормирование качества воды

В соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.559-96 питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства. Под **качеством воды** в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования; при этом **показатели качества** представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

По санитарному признаку устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий

группы кишечных палочек в единице объема). **Токсикологические показатели** воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов. Наконец, при определении качества воды учитываются **органолептические** (воспринимаемые органами чувств) свойства: температура, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения определены Санитарными правилами и нормами **СанПиН 2.1.4.544-96**, причем нормируются запах, вкус, цветность, мутность, коли-индекс, а также указывается, что содержание химических веществ не должно превышать значений соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК).

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{вр}) - это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Вещество	ПДК _{вр} , мг/дм ³	ПДК _в , мг/дм ³
Ртуты неорганические соединения (по Hg)	0,0001	0,0005
Аммония фторид (по фтору)	0,05	0,7
Триэтанолламин	0,01	1,0

При интерпретации результатов мониторинга состояния водной среды важно знать, к какому типу водных объектов отнесены река, озеро, водохранилище, и использовать для оценки ситуации соответствующие нормативы.

В гидрохимической практике используется и метод интегральной оценки качества воды, по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения.

В этом методе для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышения ПДК_{вр} - K_i и повторяемости случаев превышения H_i , а также общий оценочный балл - B_i :

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i ;$$

$$H_i = N_{\text{ПДК}_i} / N_i ;$$

$$B_i = K_i \cdot H_i,$$

где C_i - концентрация в воде i -го ингредиента;

ПДК_i - предельно допустимая концентрация i -го ингредиента для водоемов рыбохозяйственного назначения;

$N_{\text{ПДК}_i}$ - число случаев превышения ПДК по i -му ингредиенту;

N_i - общее число измерений i -го ингредиента.

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается класс загрязненности воды.

Также оценка качества воды и сравнение современного состояния водного объекта с установленными в прошлые годы характеристиками проводятся на основании индекса загрязнения воды по гидрохимическим показателям (ИЗВ). Этот индекс представляет собой формальную характеристику и рассчитывается усреднением как минимум пяти индивидуальных показателей качества воды. Обязательны для учета следующие показатели: концентрация растворенного кислорода, водородный показатель рН и биологическое потребление кислорода БПК₅.

Нормирование качества почвы

В СССР был установлен лишь один норматив, определяющий допустимый уровень загрязнения почвы вредными химическими веществами – ПДК для пахотного слоя почвы. Принцип нормирования содержания химических соединений в почве основан на том, что поступление их в организм происходит преимущественно через контактирующие с почвой среды. Основные понятия, касающиеся химического загрязнения почв, определены ГОСТом 17.4.1.03-84. **Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического загрязнения.**

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК_п) – это концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Нормативы ПДК_п разработаны для веществ, которые могут мигрировать в атмосферный воздух или грунтовые воды, снижать урожайность или ухудшать качество сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время в Институте экологии человека проводятся исследования, направленные на обоснование индивидуальных нормативов ПДК_п для различных типов почв. Таким образом, в ближайшее время следует ожидать того, что особенности миграции и трансформации вредных веществ в почвах будут отражены в системе нормирования.

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического элемента K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c .

Коэффициент концентрации определяется как отношение реального содержания элемента в почве C к фоновому C_{ϕ} :

$$K_c = C / C_{\phi}.$$

Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения, отражающий эффект воздействия группы элементов:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1)$$

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -ого элемента в пробе;
 n – число учитываемых элементов.

Суммарный показатель загрязнения может быть определен как для всех элементов в одной пробе, так и для участка территории по геохимической выборке.

Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю Z_c проводится по оценочной шкале, градации которой разработаны на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв (таблица 4).

Табл. 4 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Категории загрязнения почв	Величина Z_c	Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	меньше 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общего уровня заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	больше 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза при беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных).

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания

При разработке нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в продуктах питания учитываются материалы по токсикологии и гигиеническому нормированию данных веществ в различных объектах природной среды (в воздухе, воде, почве), а также информация о естественном содержании различных химических элементов в пищевых продуктах.

Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДК_{пр}) – это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Санитарно-гигиеническое нормирование загрязненности пищевых продуктов касается главным образом пестицидов, а также тяжелых металлов и некоторых анионов (например, нитратов). Отметим, что при интерпретации результатов не следует использовать ПДК_{пр} как стандарт, принятый для любых объектов биоты. Например, описание исследования накопления соединений ртути в тканях чаек не может заканчиваться выводами о превышении ПДК_{пр}. Целесообразнее обращаться к литературным сведениям о накоплении ртути в аналогичных объектах в фоновых и в хорошо изученных загрязненных районах.

Нормирование воздействия

Научно-технические нормативы воздействия на окружающую среду разрабатываются для хозяйственных объектов в форме проектов томов предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС).

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени; ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы (и для каждой примеси, выбрасываемой этим источником) таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК_{мр}; основные значения ПДВ – максимальные разовые – устанавливаются при условии полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы и не должны превышать в любой 20-минутный период времени.

Наряду с максимальными разовыми (контрольными) значениями ПДВ (г/с), устанавливаются производные от них годовые значения ПДВ_г (т/г), для отдельных источников и предприятия в целом с учетом временной неравномерности выбросов, в том числе за счет планового ремонта технологического и газоочистного оборудования.

Если значения ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются значения временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ) и вводится поэтапное снижение показателей выбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ.

Общественный экологический мониторинг может решать задачи оценки соответствия деятельности предприятия установленным значениям ПДВ или ВСВ путем определения концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха (например, на границе санитарно-защитной зоны).

Основным нормативом сбросов загрязняющих веществ, установленным в Российской Федерации, является **предельно допустимый сброс (ПДС)** – масса

вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте; ПДС – предел по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей – устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

ПДС устанавливаются для каждого источника загрязнения и каждого вида примеси с учетом их комбинированного действия. В основе определения ПДС (по аналогии с ПДВ) лежит методика расчета концентраций загрязняющих веществ, создаваемых источником в контрольных пунктах – расчетных створах – с учетом разбавления, вклада других источников, перспектив развития (проектируемые источники) и т.д.

Общий принцип установления ПДС – величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды (санитарных и рыбохозяйственных) при наихудших условиях для разбавления в водном объекте.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние водных объектов, используемых для *хозяйственно-питьевых* и культурно-бытовых целей, нормы качества поверхностных вод (или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.) вплоть до самого места водопользования, а на водоемах – на акватории в радиусе одного километра от пункта водопользования. Ближайшие пункты водопользования определяются органами санитарно-эпидемиологической службы.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние *рыбохозяйственных* водотоков и водоемов, нормы качества поверхностных вод (или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, определяемого в каждом конкретном случае органами Госкомэкологии, но не далее, чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод (мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.)

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод" ПДС устанавливаются, исходя из отнесения нормативных требований к самим сточным водам. При этом следует руководствоваться тем, что использование водных объектов в черте населенных мест относится к категории коммунально-бытового водопользования.

В случае, если значения ПДС по объективным причинам не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются **временно согласованные сбросы вредных веществ (ВСС)** и вводится поэтапное снижение показателей сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДС.

Лимитирование размещения твердых промышленных отходов (разработка проектов лимитов размещения) осуществляется на основании "Временных правил охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в РФ". При этом под организованным размещением отходов понимаются регламентированные и осуществляемые в соответствии с установленными нормами и правилами процессы выделения, концентрирования, сбора, транспортировки, накопления, временного хранения отходов, предусматривающего возможность их дальнейшего использования, переработки, или ликвидации, захоронения.

Нормирование в области радиационной безопасности

В природе существует три основных вида радиоактивного излучения – альфа, бета и гамма.

Гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение высокой энергии и обладает наибольшей проникающей способностью. Соответственно, защита от внешнего гамма-излучения представляет наибольшие проблемы.

Бета-излучение имеет корпускулярную природу и представляет собой поток отрицательно заряженных частиц (электронов). Бета-излучение обладает меньшей проникающей способностью. Защититься от этого излучения при внешнем источнике можно сравнительно легко. В принципе, бета-частицы задерживаются неповрежденной кожей. Однако при поступлении внутрь организма бета-активные радионуклиды испускают хорошо поглощаемые тканями организма бета-частицы. Возникающие при этом в организме разрушения значительно превосходят таковые, производимые гамма-излучением.

Альфа-излучение представляет собой поток положительно заряженных частиц с зарядом 2 и массой, равной 4, (по существу – ядра гелия). Этот вид излучения легко поглощается любой средой. Защититься от него можно буквально листом бумаги. Однако, поступление альфа-излучателя внутрь организма может вызвать трагические последствия.

Процесс радиоактивного распада (перехода радиоактивного элемента в другой химический элемент) сопровождается излучением одного или нескольких видов. В соответствии с тем, какой вид излучения характерен для радиоактивного распада данного изотопа, выделяют гамма-активные изотопы (например, цезий-137), бета-излучатели (например, стронций-90) и альфа-излучатели (например, большинство изотопов плутония).

Количественной характеристикой источника излучения служит **активность**, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени. В СИ³ единицей активности является беккерель (Бк) – 1 распад в секунду (с^{-1}). Иногда используется внесистемная единица кюри (Ки), соответствующая активности 1 г радия. Соотношение этих единиц определяется следующей формулой:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Интенсивность альфа- и бета-излучения может быть охарактеризована активностью на единицу площади ($\text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$). Интенсивность гамма-излучения характеризуется мощностью экспозиционной дозы.

Экспозиционная доза измеряется по ионизации воздуха и равна количеству электричества, образующегося под действием гамма-излучения в 1 кг воздуха. В СИ экспозиционная доза выражается в кулонах на кг (Кл/кг).

Весьма популярна также внесистемная единица экспозиционной дозы - рентген. Это - доза гамма-излучения, при которой в 1 см³ воздуха при нормальных физических условиях (температура 0° С и давление 760 мм рт.ст.) образуется $2,08 \cdot 10^9$ пар ионов, несущих одну электростатическую единицу количества электричества.

Мощность экспозиционной дозы отражает скорость накопления дозы и выражается в Кл/кг·сек (в СИ) или в Р/ч (во внесистемных единицах).

Наиболее адекватный способ описания степени радиоактивного загрязнения местности – это плотность загрязнения. Плотность загрязнения представляет собой активность на единицу площади (с учетом изотопного состава). Этот способ, однако, весьма трудоемок, требует проведения лабораторных анализов и не всегда может быть использован для оперативной оценки. Обычно такая оценка производится с помощью методов полевой дозиметрии.

При этом используемые приборы, методы и единицы измерения зависят от типа загрязнения. Мерой загрязнения гамма-излучателями является мощность экспозиционной дозы; бета-загрязнение характеризуется плотностью потока бета-частиц. Оценка степени загрязнения альфа-излучателями в полевых условиях невозможна.

Как правило, при техногенном загрязнении в окружающую среду поступает смесь радионуклидов, среди которых есть все типы излучателей. Поэтому в первом приближении степень опасности может быть оценена по уровню гамма-фона. Тем не менее, в ряде случаев такая оценка неприменима. Если в сбросах предприятия содержатся, главным образом, бета-излучающие радионуклиды, то радиационная ситуация не может быть охарактеризована через величину экспозиционной дозы даже на качественном уровне. Например, загрязнение рукава реки Т., в который осуществляется сброс с химического комбината С., характеризуется весьма высокими уровнями бета-излучения, в то время как гамма-фон, в основном, близок к нормальному.

В то же время, населению, как правило, в качестве характеристики загрязнения сообщается (в т. ч. и через средства массовой информации) только мощность экспозиционной дозы. Эта величина, однако, является лишь одной из характеристик радиационной ситуации. Существует множество искусственных радиоактивных изотопов, которые практически не испускают гамма-квантов, но при этом являются очень опасными источниками излучения. Мощность экспозиционной дозы, определяемая при помощи гамма-дозиметра, не может отразить степени загрязнения такими изотопами.

Система нормирования в области радиационной безопасности

Система нормирования в области радиационной безопасности в России претерпела существенные изменения в последние несколько лет. Действующая система нормирования в этой области строится на понятии дозовой нагрузки.

Основными документами, в соответствии с которыми осуществляется радиационный контроль за безопасностью населения, являются **Федеральный Закон "О радиационной безопасности населения"** и принятые в его развитие **"Нормы радиационной безопасности НРБ-96"**.

Оба документа служат для обеспечения радиационной безопасности человека. Экологических нормативов, устанавливающих допустимые воздействия на экосистемы, в области радиационной безопасности не существует.

В системе нормирования используются следующие основные понятия:

Поглощенная доза – фундаментальная дозиметрическая величина, определяемая количеством энергии, переданной излучением единице массы вещества.

За единицу поглощенной дозы облучения принимается грей (джоуль на килограмм) – поглощенная доза излучения, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг и измеряемая энергией в 1 Дж любого ионизирующего излучения

(1 Гр = 1 Дж/кг).

Эквивалентная доза. Поскольку поражающее действие ионизирующего излучения зависит не только от поглощенной дозы, но и от ионизирующей способности излучения, вводится понятие эквивалентной дозы. Для расчета эквивалентной дозы поглощенную дозу умножают на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма. При этом альфа-излучение считается в двадцать раз опаснее других видов излучений.

Единицей эквивалентной дозы является зиверт – доза любого вида излучения, поглощенная в 1 кг биологической ткани, создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения.

Эффективная эквивалентная доза. Следует учитывать, что одни части тела (органы) более чувствительны к радиационным повреждениям, чем другие. Поэтому дозы облучения органов и тканей учитываются с различными коэффициентами. Эффективная эквивалентная доза отражает суммарный эффект облучения для организма; она также измеряется в зивертах.

Закон "О радиационной безопасности населения" устанавливает допустимую дозовую нагрузку на население на уровне 1 мЗв/год.

В соответствии с НРБ-96, устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (подразделяемый на группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

В условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения установлены дозовые пределы для различных групп (таблица 5).

Следует особо отметить, что установленные пределы относятся к условиям **нормальной эксплуатации** источников ионизирующего излучения. Облучение населения **в условиях радиационной аварии** регулируется разделом 8 НРБ-96.

Табл. 5 – Основные дозовые пределы влияния ионизирующего излучения (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	лица из персонала (группа А)	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в:		
хрусталике	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	50 мЗв	500 мЗв

Критерии вмешательства на загрязненных территориях регулируются **Приложением П-5 НРБ-96.**

Как отмечалось выше, нормы радиационной безопасности (НРБ) регламентируют допустимые уровни воздействия радиации на человека. На основе этих норм разрабатываются нормативные документы, регламентирующие порядок обращения с различными источниками ионизирующего излучения, подходы к защите населения от радиации и т.п.

В настоящее время действуют **Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87**, основанные на ранее действовавших нормативных документах (в частности, НРБ-76/87).

Эти правила, в частности, содержат требования по:

- обеспечению радиационной безопасности персонала учреждений и населения, а также по охране окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами;
- учету, хранению и перевозке источников ионизирующего излучения;
- сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких радиоактивных отходов.

Действие документа распространяется на любые предприятия и учреждения, независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности, где "производятся, обрабатываются, перерабатываются, применяются, хранятся, обезвреживаются и транспортируются естественные и искусственные радиоактивные вещества и другие источники радиоактивного излучения".

Тем, кто интересуется воздействием радиации на человека, будет интересно ознакомиться с работами "Радиация: дозы, эффекты, риск", Джона Гофмана. Кроме того, полезно иметь ввиду, что официальная позиция России в области радиологической защиты строится на публикациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Часть этих публикаций переведена на русский язык.

Место общественности в экологическом мониторинге

В связи... с отравлением атмосферы и по причине недостаточного обрыбления прилежащих водоемов... сразу ликвидировать и учредить в отдаленной местности...

Бр. Стругацкие. "Хромая судьба"

Основные задачи общественного экологического мониторинга

Вернемся к приведенной выше классификации видов мониторинга, рассмотрев ее с точки зрения возможности участия общественности в каждом из этих видов и потребности в таком участии (таблица 6).

Табл. 6 – Классификация видов мониторинга и возможности общественного участия (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Виды мониторинга	Объекты наблюдений и оценки	Возможность общественного участия
Мониторинг источников воздействия и отходов	Сбросы, выбросы, размещение и удаление отходов, использование ресурсов и готовой продукции	При правильной организации общественный экологический мониторинг источников воздействия может оказаться очень эффективным. Мощная приборная база далеко не обязательна: многие задачи могут решаться простейшими методами, в том числе и не требующими специального оборудования (визуальные наблюдения, фотодокументирование и т.п.)
Мониторинг факторов воздействия	Физические, химические, биологические факторы воздействия	Эффективность этого вида мониторинга также может быть достаточно велика. Обычно требуется некоторое оборудование. Выбор оборудования зависит от задач, которые ставит перед собой группа
Мониторинг состояния биосферы	Геофизический мониторинг (атмосфера, океан, поверхность суши с реками и озерами); биологический мониторинг (биота)	Некоторое место для общественных действий все же имеется и здесь - прежде всего в части защиты биоты в зонах интенсивного воздействия. Однако в целом эффективность общественного мониторинга на этом уровне невелика

Далеко не все задачи, которые выполняет экологический мониторинг, целесообразно ставить перед собой общественности. С нашей точки зрения, основная цель, которую должен преследовать общественный экологический мониторинг, – повышение доступности экологической информации для общественности. Повышение доступности достигается как путем нарушения государственной монополии на информацию, так и путем получения дополнительных сведений, которыми не располагают государственные службы, а также с помощью обобщенного

анализа всей доступной информации и адаптации ее для различных типов аудитории. Отметим, что такая постановка цели приводит к необходимости обращаться в тексте к видам деятельности, которые выходят за рамки классического понятия мониторинга, но тесно связаны с ним.

Как правило, общественный экологический мониторинг организуется с целью принятия активных мер. В некоторых случаях общественные организации предполагают обращение в органы власти, в других – пытаются оказывать давление на предприятия; иногда планируются прямые действия, направленные на улучшение состояния объекта наблюдений. В этом смысле можно говорить, что общественный экологический мониторинг неразрывно связан с общественным экологическим контролем и служит информационной базой последнего.

Наиболее эффективно, с нашей точки зрения, общественный экологический мониторинг может выполнять такие функции, как:

- 1) создание альтернативного информационного канала; повышение оперативности экологического контроля и эффективности оповещения населения о происшествиях и чрезвычайных ситуациях;
- 2) наблюдение за объектами, которые либо не включены в программы мониторинга государственных природоохранных служб, либо описываются недостаточно полно;
- 3) привлечение внимания к проблемам, которые ранее не были обозначены (по разным причинам);
- 4) развитие экологического образования и просвещения.

Особого упоминания заслуживает новая, но, с нашей точки зрения, перспективная задача общественного мониторинга. Речь идет о постпроектном анализе – оценке реальных экологических последствий осуществления проекта и соотнесения их с воздействиями, предсказанными на этапе разработки проекта.

Альтернативный информационный канал

Несмотря на улучшение ситуации в области доступности экологической информации, многие общественные организации ставят вопрос о сложностях получения необходимых сведений. На смену понятиям государственной секретности, как правило, приходят мотивы коммерческого характера. Государственные органы часто не предоставляют необходимые материалы, ссылаясь на высокую стоимость информации.

Подобные проблемы возникают как между государственными органами и общественностью, так и между государственными службами, относящимися к различным ведомствам. В качестве весьма эффективной меры против подобных злоупотреблений можно рекомендовать создание альтернативных каналов получения и распространения информации, одним из которых является общественный экологический мониторинг. Опыт показывает, что как только в регионе появляется альтернативный информационный канал, степень закрытости информации, ее "коммерческая стоимость" немедленно снижаются. Создавая такой канал, неправительственным организациям не следует концентрировать усилия на сборе большого количества собственных данных. Как правило, анализ имеющихся сведений может принести гораздо больше пользы. Сбор собственных данных необходимо

осуществлять только при отсутствии доступной информации, выявляя ключевые проблемы и "болевы точки".

Чрезвычайные ситуации

Одним из перспективных направлений развития общественного мониторинга является использование его для оперативного получения необходимых сведений в случае аварийных ситуаций. Анализ системы государственного мониторинга показывает, что аппаратные возможности соответствующих служб далеко не всегда соответствуют сложности задач, которые они призваны решать. Это приводит к необходимости отправки проб на анализ в другие регионы, что резко снижает оперативность не только мониторинга, но и контроля, особенно необходимого при аварии. Кроме того, нередко природоохранные органы различных областей не имеют тесного контакта между собой, и получение адекватной картины загрязнения затруднено административными барьерами. Поэтому возможности оперативного реагирования (если таковыми располагает общественная организация) позволяют более эффективно управлять ситуацией и способствуют укреплению сотрудничества с государственными органами.

Более того, именно в случаях аварийного загрязнения имеет место практика замалчивания официальными службами истинных размеров бедствия. В этом случае независимая информация обеспечивает тот самый альтернативный канал, который необходим для нарушения монополии на информацию.

Объекты общественного мониторинга

Следует отметить, что общественный экологический мониторинг не может рассматриваться как инструмент для изучения глобальных проблем. И дело не только в том, что для адекватного решения задач фоновых мониторингов, поставленных в сети ГСМОС, требуется привлечение особых ресурсов (в частности, предполагается ведение многолетних наблюдений). Причина этого носит практический характер – рычаги воздействия на глобальные процессы (кроме образовательных в широком смысле этого слова) в большинстве случаев находятся вне досягаемости конкретного сообщества, живущего в данной местности. Даже возможности непосредственного влияния на региональные проблемы зачастую ограничены. Поэтому общественный мониторинг оказывается эффективным тогда, когда, следуя известному изречению, *думают глобально* (или в границах региона в целом), но *действуют локально*. Характерным примером таких локальных объектов общественного мониторинга являются малые реки.

Малые реки: кто, если не общественные организации?

Наблюдения за состоянием малых рек – одно из наиболее актуальных направлений работы общественных организаций, планирующих развитие деятельности в области экологического мониторинга. Как уже упоминалось, подавляющее большинство малых рек не входит в программы наблюдений, реализуемые государственными службами. В то же время, проблемы уменьшения стока и загрязнения малых рек стоят чрезвычайно остро, а источники воздействия в малом водосборе проще определить и исследовать. При этом загрязнение больших рек во многом зависит от состояния сети их притоков. Более того, именно изучение состояния малых рек может стать ключом к оценке вклада диффузных, площадных

источников загрязнения (таких, например, как поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий).

И наконец, именно в отношении малых рек местное население имеет достаточно рычагов, чтобы реально повлиять на принятие контрольных мер и, тем самым, способствовать улучшению их состояния. Воспитательный и образовательный потенциал местных наблюдений и трудовых акций (например, по расчистке русел малых рек) огромен.

В районе И. характерной проблемой (типичной не только для бассейна реки И.!) является загрязнение малых рек поверхностным стоком с частных огородов. При этом многие участки возделаны вплотную к урезу воды. Поскольку перенос огородов в другое, более подходящее место в существующей ситуации невозможен, было принято компромиссное решение – устройство охранной буферной зоны. Поскольку некоторые жители сбрасывали в речку бытовые отходы, на специально организованных субботниках школьники засадили берег реки колючим кустарником. Это частично защитило водоток от загрязнения.

Объекты местного масштаба

Пример с малыми реками демонстрирует еще одно важное свойство общественного мониторинга – возможность реагировать на конкретные потребности местного населения.

Характерной чертой государственного экологического мониторинга, вытекающей из его иерархической структуры, является своего рода "автономность", отсутствие ориентации на непосредственные нужды жителей региона. Так, мониторинг качества природных вод, осуществляемый Росгидрометом, в основном ограничивается наблюдениями в фиксированных створах. При этом реальный интерес для жителей региона представляет качество воды в ближайшем водоеме. Даже при расположении створа на участке, интересующем местное население, сотрудники первичного пункта наблюдений не могут предоставить жителям интерпретированную информацию о состоянии водного объекта. Функции первичного пункта наблюдений сводятся к определению установленного набора параметров и его регистрации в заданном формате; при передаче этих данных в региональный пункт может потеряться информация, принципиально важная для интерпретации данных, но не укладываемая в жесткую форму отчетности.

Санэпиднадзор и организации, осуществляющие эксплуатацию систем водоснабжения, организуют наблюдения за качеством питьевой воды в местах водозабора, перед поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети. Эти организации, как правило, не располагают сведениями о качестве воды в конкретных жилых зданиях. Весьма ограничены данные, характеризующие состав воды в системе нецентрализованного водоснабжения. Граждан же вполне закономерно интересует информация о том, какая вода поступает в их дома. Отметим, что при сегодняшнем состоянии разводящих сетей многие параметры, характеризующие состав питьевой воды у потребителя, определяются вторичным загрязнением в этих сетях (вызванным негерметичностью, коррозией водопроводов и т.п.) Подобные ситуации предоставляют широкое поле для организации результативного общественного мониторинга.

Общественные организации ставят проблему

Суперэкоотоксиканты

Сравнительно недавно в массиве загрязняющих веществ стали выделять понятие **суперэкоотоксиканты** – вещества, которые в малых дозах способны оказывать выраженное индуцирующее (усиливающее) или ингибирующее (угнетающее) действие на ферменты. В их число входят диоксины и дибензофураны, полихлорированные и полибромированные бифенилы, бензантрацены, нитрозамины, нафтиламины и другие органические вещества. Кроме того, к разряду суперэкоотоксикантов часто относят радионуклиды, некоторые тяжелые металлы (ртуть, кадмий) и металлоиды (мышьяк, селен), хлор- и фосфорорганические пестициды, являющиеся потенциальными мутагенами и канцерогенами (веществами, вызывающими соответственно мутации и онкологические заболевания).

Суперэкоотоксиканты характеризуются чрезвычайной стойкостью в окружающей среде и практическим отсутствием предела токсичности (сверхкумуляцией). В тех или иных концентрациях они присутствуют во всех средах, циркулируют в них и через компоненты окружающей среды проявляют свое действие на человека, вызывая мутагенный, канцерогенный эффекты, подавляя клеточный иммунитет, поражая внутренние органы и приводя к истощению организма.

Проблема диоксинового загрязнения в регионе А. была впервые обозначена Хельсинской комиссией, проводившей плановые обследования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в рамках межгосударственного соглашения по Балтийскому морю. Регион А. был выбран в качестве фонового. Исследования, выполненные Баварским институтом чистой воды, показали, что содержание диоксинов не только в сбросах ЦБК, но и в объектах окружающей среды, расположенных на территории регионального центра, намного превышает фоновые значения и представляет опасность для здоровья.

Государственные органы приняли к сведению этот факт. Однако никаких мер не последовало. Только благодаря широким исследованиям, проведенным одной из общественных организаций, эта проблема была остро поставлена не только на региональном, но и на федеральном уровне.

Неудивительно, что в последнее время внимание общественности привлечено к проблеме загрязнения окружающей среды суперэкоотоксикантами. Эта проблема нова и для государственных служб. Осуществление мониторинга суперэкоотоксикантов, оценка загрязнения и разработка методических подходов к выяснению их влияния на природную среду проводятся на международном уровне, так как для определения многих из этих веществ в природных объектах и биотканях необходимы согласованные действия и исключительно высокая квалификация специалистов-аналитиков. К сожалению, весьма немногие организации России располагают необходимыми условиями (особо чистыми лабораториями, оборудованием) для определения суперэкоотоксикантов. Общественным организациям, свободным в выборе приоритетов и обращающим внимание на наиболее острые экологические проблемы, нередко удается найти независимые источники финансирования для постановки и решения самых сложных задач. Исследования, предпринятые по инициативе общественности, иногда вскрывают проблемы, которые в рамках государственной системы мониторинга могут оставаться вне поля зрения долгие годы.

"Межведомственные" проблемы

Иногда от внимания государственных органов ускользает проблема, находящаяся "на стыке" сфер ответственности различных ведомств. Знакомство с конкретной ситуацией, свобода от жесткой регламентации позволяют общественным организациям выявлять подобные проблемы.

Сотрудники заповедника О. приняли решение о развитии экологического туризма и расширении гостиницы, ранее предназначенной для приема небольшого числа ученых. Общественная организация поставила задачу оценки влияния возросшего объема хозяйственно-бытовых сточных вод на состояние малой реки. В число изучаемых параметров были включены формы азота и фосфора, а также содержание остаточного хлора. Было показано, что интенсивно хлорируемый в летнее время септик (точнее, просто яма в песчаном грунте, спланированная как первичный отстойник) выступает в качестве недопустимого источника загрязнения охраняемого водного объекта.

До получения информации от общественной организации региональные природоохранные службы не предполагали организовывать какие-либо измерения, устанавливать контрольный створ, так как заповедник рассматривался в качестве научно-исследовательского объекта, включенного в сеть мониторинга (МАВ) и осуществляющего собственную программу наблюдений.

Общественный экологический мониторинг: образовательная функция

Образовательный и воспитательный потенциал общественного экологического мониторинга очень велик. В данном случае экологическое образование и просвещение мы понимаем в самом широком смысле. Правильно организованная деятельность общественности в области экологического мониторинга способствует повышению уровня экологического образования всех участников общественного диалога – населения, руководителей и рядовых сотрудников предприятий, представителей государственной власти.

Общественные организации могут с успехом использовать должным образом интерпретированную информацию о состоянии окружающей среды для формирования осознанной, экологически грамотной позиции общества в целом. С другой стороны, подобная деятельность не входит непосредственно в обязанности государственной службы мониторинга и региональных комитетов по экологии. Отсутствие достоверных данных о состоянии окружающей среды на местном уровне, поданных в доступной форме, создает информационный вакуум, который часто заполняется слухами, небрежно представленными исследованиями, непонятными данными и просто не имеющими никаких реальных оснований опусами. Правильно организованный общественный экологический мониторинг способен заполнить этот вакуум, обеспечивая не только получение необходимой информации и представление ее в доступной форме, но и создавая для граждан реальную возможность участия в наблюдениях и контрольных мероприятиях.

Отметим, что именно в связи с образовательной функцией особую важность приобретают вопросы представления полученной информации для широких кругов общественности (подробнее об этом см. в следующих разделах).

Общественная организация построила программу мониторинга малой реки П.

так, чтобы описать воздействия основных организованных источников. Наблюдения выполняли учителя школ района и школьники. При изучении курсов химии, биологии и географии учителя использовали местные примеры, информацию, полученную самими школьниками.

Накопив убедительный массив данных, общественная организация провела определение свободного хлора в сбросе предприятия текстильной отрасли в присутствии представителей природоохранных органов. С помощью информации, полученной общественностью, удалось убедить руководство предприятия провести экологическое аудирование. На основе результатов аудирования предприятие сформулировало принципы своей экологической политики, предусматривающие, в частности, переход к технологии бесхлорного отбеливания. Результаты мониторинга легли также в основу программы занятий для сотрудников предприятия.

Следует обратить внимание на то, что образовательные функции общественного экологического мониторинга не обязательно ограничиваются работой с населением. Общественная организация, имеющая достаточный уровень технической подготовки и умеющая работать с информацией, может использовать общественный экологический мониторинг как инструмент подобной работы и с лицами, принимающими решение, и с представителями производственного (коммерческого) сектора.

Общественность города В. была серьезно озабочена проблемами ртутного загрязнения окружающей среды, связанного с деятельностью одного из крупнейших предприятий химической промышленности, расположенного на территории города. В газетах стали появляться публикации, посвященные загрязнению территории города и области и связанным с этим заболеваниям. К сожалению, застарелая проблема привела к острой конфронтации между производителями, госслужбами и общественностью. Каждый из участников дискуссии оперировал собственными данными, не анализируя другую доступную информацию. В публикациях появлялись "гигантские шары ртути на поверхности реки" и "мутант, горестно взглянувший на председателя областного комитета по охране природы и тут же издохший". В целом такая ситуация, естественно, не способствовала поиску реальных путей решения проблемы, лишь раздражая все вовлеченные стороны и нагнетая обстановку в регионе.

Постпроектный анализ

Термин **постпроектный анализ** тесно связан с понятием оценки воздействия на окружающую среду. **Постпроектный анализ** включает независимые квалифицированные анализ и оценку экологической и эколого-экономической эффективности реализованных решений в сравнении с проектными данными и материалами экологической экспертизы. Хорошо известно, что серьезной проблемой любого исследования, связанного с оценкой экологических последствий намечаемой деятельности, является существенная неопределенность в области предсказания воздействий.

Именно постпроектный анализ дает возможность проверить правильность предсказаний, служит своего рода обратной связью, необходимой для развития практики оценки воздействия на окружающую среду в целом.

В то же время в России этот механизм находится в состоянии формирования. После того, как проект разработан и получил положительное заключение государственной экологической экспертизы, инициатор приступает к его реализации. С некоторой долей условности можно сказать, что в этот момент у проекта начинается новая жизнь, весьма слабо связанная со стадией его разработки. Экологические последствия его реализации (теперь уже реальные, а не потенциальные) попадают в ведение государственных органов, ответственных за экологический мониторинг и контроль. При этом не существует механизма, обеспечивающего передачу этим органам контроля за выполнением решений, принятых на этапе согласования проекта. По этой причине рекомендации экспертной группы, проводившей оценку воздействия на окружающую среду, так же, как и рекомендации (замечания) государственной экологической экспертизы, могут не выполняться в ходе реализации проекта. Авторам брошюры не известно ни одного случая, когда был бы проведен полный постпроектный анализ, который бы позволил систематическим образом оценить корректность выводов, сделанных на стадии подготовки проекта и экологической экспертизы, соответствие этих предсказаний реальным последствиям деятельности.

До некоторой степени отсутствие постпроектного анализа могло бы быть восполнено общественными организациями в рамках программ общественного экологического мониторинга. В частности, чрезвычайно важно было бы проверять выполнение рекомендаций экологической экспертизы на стадии реализации проекта. Только при наличии механизма подобных проверок можно говорить о реальной эффективности экспертизы. Участие общественности в постпроектном анализе особенно важно в связи с общественной экологической экспертизой. Такое участие позволило бы избежать ситуации, когда изменения, внесенные в проект в результате общественной экспертизы или других действий общественности, попросту игнорируются при осуществлении проекта.

3.5 Методические рекомендации по организации общественного экологического мониторинга

*Муху странную бери,
Муху в банку посади,
С банкой по полю ходи,
За приметами следи.*

Н. Заболоцкий. "Царица мух"

Эффективность общественного экологического мониторинга решающим образом зависит от правильной его организации. Ваша группа может годами вести мониторинг в регионе и не получить значимых результатов. В то же время, предварительное изучение ситуации, анализ возможных воздействий позволяют с помощью нескольких измерений выявить проблему, на которую не обращают внимания официально уполномоченные организации.

Общая последовательность разработки и осуществления схемы мониторинга представлена на рисунок 6.

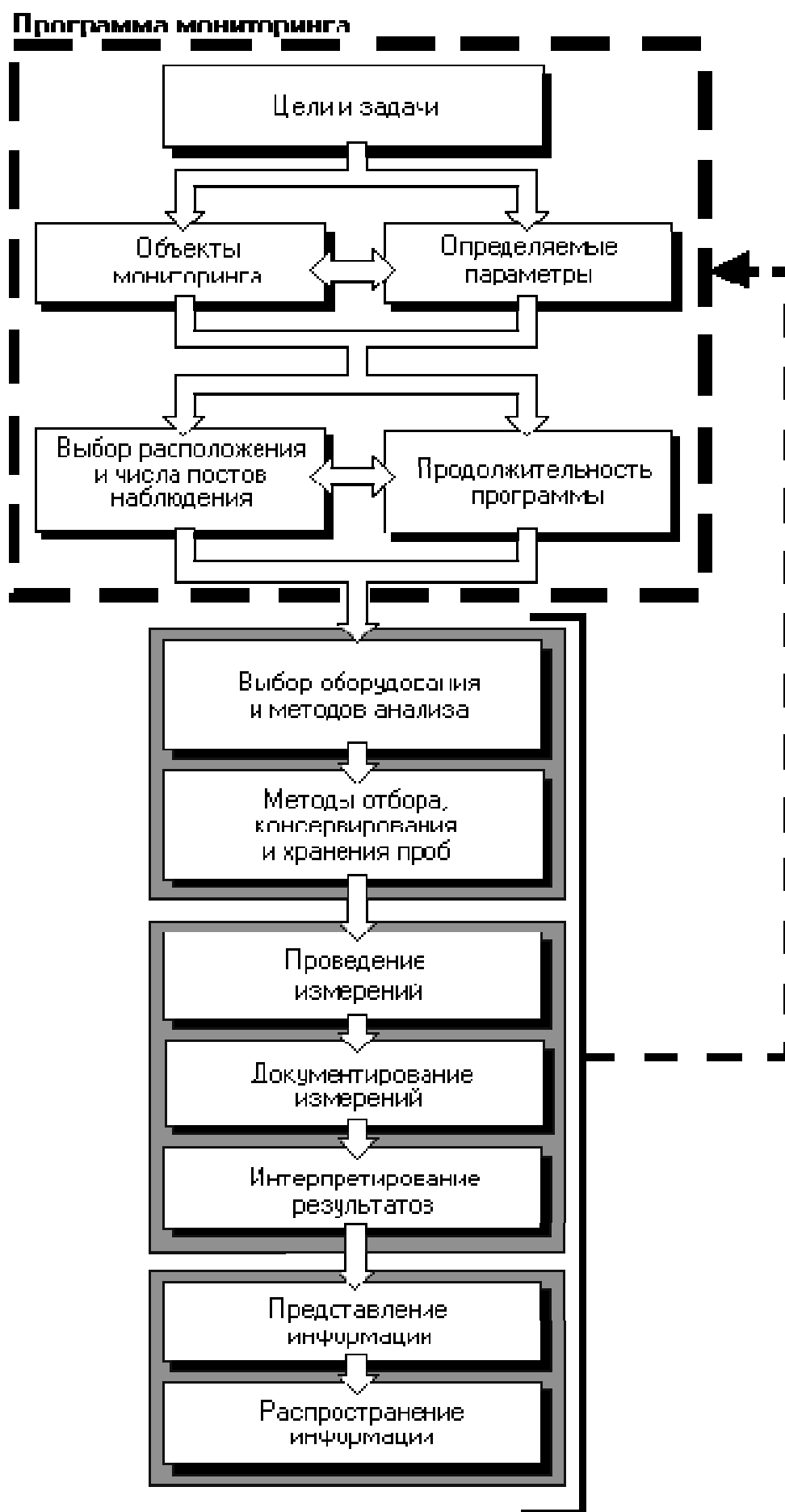


Рис. 6 – Основные компоненты системы мониторинга (по В.И. Измалкову)

Выработка программы мониторинга

Цели и задачи

Перед тем, как предпринимать какие-либо шаги, следует сформулировать долгосрочные **цели** и промежуточные **задачи**. При этом необходимо, чтобы поставленные вами цели были конкретными, достижимыми и поддавались проверке – это существенно для контроля выполнения программы мониторинга и внесения в нее корректив. Формулируя их, следует учитывать специфические черты общественного экологического мониторинга, обсужденные в предыдущем разделе.

Основная цель всякой программы мониторинга – информационная. Результатом ее должно быть получение информации, устранение той или иной неопределенности или, напротив, выявление недостатка информации. Однако, при обсуждении особенностей общественного мониторинга уже отмечалось, что он (а) ориентирован на конкретные проблемы местного населения и (б) тесно связан с контролем – принятием мер на основе полученной информации.

Поэтому естественным образом цель программы общественного мониторинга может быть направлена на:

1. Получение информации, связанной с конкретной проблемой.
2. Представление информации для различных типов аудитории (заинтересованной общественности, администрации предприятия, государственных органов) и ее распространение.
3. Принятие мер, непосредственно направленных на улучшение ситуации или имеющих целью добиться принятия соответствующих решений).

Хотя собственно к мониторингу относятся первая из этих целей и (частично) вторая, в рамках общественных программ нет смысла жестко разделять экологические мониторинг и контроль.

Под задачами мы понимаем конкретные действия или этапы на пути достижения цели. В любом случае, задачи подчинены целям. В рамках грамотно составленной программы не может быть задач, выходящих за пределы цели, не имеющих к ней отношения и т.п. Примеры тех и других приводятся в разделе "*Модельные проекты*".

Выбор приоритетов: объекты наблюдения и определяемые параметры

Инстинктивно возникающее желание измерять все во всем – вернейший путь в тупик. Даже если ваша организация может позволить себе достаточно обширные исследования, следует всегда задаваться вопросом: а так ли уж необходимо измерять все, что вы только можете? В большинстве же случаев ограниченные ресурсы организации жестко диктуют необходимость сократить программу измерений, сохранив, по возможности, качество получаемого материала.

Поэтому на основе поставленной цели следует **определить приоритеты – объекты мониторинга и определяемые параметры**. Объекты понимаются здесь в самом широком смысле слова – как антропогенные, так и природные. Например, если цель программы связана с состоянием реки, то выбор объекта может выглядеть как определение предприятия или конкретного стока, на котором будут сконцентрированы усилия по мониторингу. Если проблему представляет состояние окружающей среды в загрязненном городском районе, определение приоритетов может начаться с выбора природной среды для мониторинга – атмосферы, воды,

почвы, снежного покрова. В некоторых случаях выбор объекта однозначно вытекает из поставленной проблемы, а иногда представляет собой содержательную и нетривиальную задачу. Как правило, сначала на основе поставленных целей и задач выбираются объекты мониторинга, а затем определяемые параметры. Однако возможен и обратный порядок, особенно если заранее известно, что проблема связана с определенным веществом (например, ртутное загрязнение).

Для того, чтобы ваша работа была эффективной, внимательно проанализируйте ситуацию *до того*, как вы приступите к измерениям и определите приоритетные объекты и параметры, которые действительно необходимо исследовать. Нет необходимости постоянно изучать содержание в воздухе, воде и почве компонентов, которые не принадлежат к локальным или региональным антропогенным (вызванным деятельностью человека) или природным (например, связанным с аномалиями типа фторных или иодных) приоритетным загрязняющим веществам, а также продуктам их трансформации в окружающей среде.

Предварительный анализ ситуации

Перед формированием долгосрочной программы мониторинга целесообразно провести рекогносцировочные (предварительные) исследования. На этом этапе важным является сбор всей уже имеющейся информации по проблеме (включая и ту, которую можно использовать в ее решении – например, правовое регулирование проблем такого рода, экономические интересы и т.п.) и ее анализ. Любые уже имеющиеся сведения следует использовать эффективно, даже если в них и есть какие-то очевидные неточности или "белые пятна". Одним из эффективных приемов выбора приоритетов является картирование источников воздействия и составление их предварительных "портретов" по литературным сведениям.

Список портретных характеристик послужит основой для интерпретации результатов измерений. Отсутствие какой-либо связи между типом загрязнения и характером возможных источников может служить признаком регионального переноса, специфических свойств подземного водного горизонта, или, что особенно важно, наличия неустановленных источников загрязнений.

Летом 1996 г. Комитетом по гидрометеорологии области А. было неожиданно обнаружено высокое содержание ртути в реке Д. вблизи областного центра. Результат, полученный Росгидрометом во время экспедиционных исследований, казался необъяснимым: было хорошо известно, что ртуть не является приоритетным загрязняющим веществом в регионе. Встал вопрос о локализации источника загрязнения.

Тщательный анализ ситуации, проделанный областным Комитетом по охране окружающей среды, показал, что источником загрязнения являлся цех получения хлора методом электролиза с ртутным катодом на целлюлозно-бумажном комбинате.

Государственные органы взяли ситуацию под контроль.

Для водных объектов удобно устанавливать так называемые маркерные характеристики (см. модельный проект "Качество воды в вашей реке"), позволяющие составить представление об общем характере загрязнения, не осуществляя полной программы измерений. Кроме того, некоторые полезные сведения содержит таблица 7. Жирным шрифтом выделены маркерные характеристики, установление которых может быть проведено непосредственно на месте и не требует значительных затрат времени, сложной приборной базы.

Табл. 7 – Маркерные характеристики для различных типов загрязнения
(по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Воздействие	Параметры
Сельское хозяйство (коллекторно-дренажные воды)	коли-титр, БПК ₅ , растворенный кислород , взвешенные вещества, мутность, цветность, рН, минерализация , жесткость, сульфаты, хлориды, аммоний , нитраты, нитриты, фосфаты, сумма органических соединений по ХПК; в случае применения металлсодержащих пестицидов - тяжелые металлы
Сельское хозяйство (животноводство)	температура , коли-титр, БПК ₅ , растворенный кислород , взвешенные вещества, мутность, цветность, рН, минерализация , хлориды, формы азота (прежде всего, аммоний), общий фосфор, сумма органических соединений по ХПК
Коммунальное хозяйство	температура , коли-титр, БПК ₅ , растворенный кислород , взвешенные вещества, мутность, цветность, рН, минерализация , хлориды, аммоний , общий фосфор и полифосфаты, сумма органических соединений по ХПК
Транспортные предприятия и транспорт	взвешенные вещества, растворенный кислород, мутность, рН, минерализация , жесткость, нефтепродукты (пленка) , сумма органических соединений по ХПК; тяжелые металлы
Предприятия целлюлозно-бумажной промышленности	рН, минерализация , сумма органических соединений по ХПК, хлорорганические соединения (в некоторых случаях – остаточный хлор, который может быть использован в качестве маркера), фенолы, лигнины
Предприятия, имеющие гальванические производства и цеха	рН, минерализация , тяжелые металлы, нефтепродукты

Как видно, многие характеристики, в том числе и маркерные, повторяются в различных графах таблицы. Эта неопределенность может быть устранена с помощью картирования, к которому полезно прибегать в любой ситуации. Однако, например, то утверждение, что избыточное содержание ионов аммония служит маркерным показателем бытового и сельскохозяйственного загрязнения, справедливо в подавляющем большинстве случаев. Проверкой может стать определение содержания общего фосфора и других типичных для хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных источников воздействия факторов.

По запросу администрации одного из районов, водоснабжение которого основано на использовании подземных вод, общественная организация проводила

оценку качества питьевой воды, поступавшей из различных скважин. В нескольких пробах были установлены высокие концентрации ионов аммония, не сопровождавшиеся, однако, ни бактериальным загрязнением, ни значительным содержанием общего фосфора. При опросе жителей было установлено, что скважина расположена вблизи старого склада аммонита (взрывчатого вещества). Почвы в районе – легкие, песчаные, со значительной фильтрующей способностью.

Заметное повышение минерализации поверхностных вод является сигналом притока чуждого раствора (отметим, что таковым может быть и сброс более минерализованных, но не требующих очистки подземных вод, использованных, например, в системе охлаждения).

Если вы исследуете влияние загрязнения на состояние водных экосистем, важным является учет температурного режима, его изменения как за счет естественных, так и за счет антропогенных факторов (например, сброс нагретых вод электростанций в водные объекты). При повышении температуры у рыб возрастает потребность в пище, утрачивается способность к воспроизводству, снижается активность; возрастает токсичность некоторых пестицидов для рыб, ускоряется накопление метилртути, в воде снижается содержание растворенного кислорода. Нагрев вод ускоряет процесс эвтрофикации водоемов.

Важной характеристикой водных экосистем являются также донные отложения. Аккумулируя тяжелые металлы, радионуклиды и высокотоксичные органические вещества, донные отложения, с одной стороны, способствуют самоочищению водных сред, а с другой – представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения водоемов. Донные отложения – перспективный объект анализа, отражающий многолетнюю картину загрязнения (особенно – в малопроточных водоемах).

В последние годы получил развитие метод наблюдения за уровнем загрязнения природной среды на основе наблюдений за атмосферными осадками и снежным покровом. Атмосферные выпадения всегда содержат присутствующие в воздухе растворенные примеси, поэтому концентрация примесей в осадках является естественным показателем загрязнения атмосферы (см. также модельный проект "Каким воздухом мы дышим?") Этот подход ценен, например, при определении содержания суперэкоотоксикантов в воздухе, поскольку позволяет избежать отбора проб очень больших объемов воздуха.

Большую роль в рекогносцировочных исследованиях могут сыграть качественные и полуколичественные методы.

Результатом предварительного анализа является определение приоритетов программы – объектов мониторинга и устанавливаемых параметров. Возможно также, что данных, полученных в ходе предварительного анализа – рекогносцировочных исследований, работы с литературой, окажется достаточно для того, чтобы, минуя этап "полномасштабных" измерений, перейти к следующим этапам программы. Такими этапами могут быть интерпретация данных, их представление и распространение, привлечение внимания к проблеме, работа с предприятием-загрязнителем или государственными органами.

В любом случае, серьезный предварительный анализ ситуации и схема мониторинга, грамотно составленная с учетом приоритетов, значительно повысят эффективность вашей работы и позволят простейшими методами и в короткие сроки выявить наиболее остро стоящие проблемы (которые, возможно, долгое время не попадали в поле зрения государственных служб).

Расположение постов наблюдения

Когда выбраны контролируемые параметры, необходимо определить число и расположение мест пробоотбора (наблюдения) и временного режима отбора проб (проведения наблюдений). При этом необходимо избегать поспешных выводов, которые могут оказаться ошибочными. Например, если вы хотите проверить, насколько сточные воды предприятия загрязняют реку, необходимо выбрать точки отбора проб ниже и выше по течению места их сброса: может оказаться, что вода в реке уже сильно загрязнена интересующим вас веществом, а вклад предприятия весьма незначителен.

При исследовании атмосферного загрязнения интерес представляют не только уровни загрязнения по городу в целом (для этого используются стационарные и маршрутные посты наблюдений, и такую информацию вы, как правило, можете получить у государственных структур, занятых в системе мониторинга окружающей среды). Если большой вклад в загрязнение воздуха города вносит какое-то предприятие, следует сконцентрировать внимание на так называемых подфакельных наблюдениях. При этом наиболее существенной частью работы является установление направления движения факела, определяемое визуально, и расстановка пунктов отбора проб. Если дымовой факел не виден, то направление его движения определяется по направлению ветра на высоте выброса, запаху характерного ингредиента исследуемого источника и по видимым факелам близлежащих источников.

При организации сети наблюдения за уровнем загрязнения воздуха в городах (и особенно сети мониторинга источников загрязнения) необходимо иметь в виду, что некоторые низко расположенные (автотранспорт) и даже мелкие (печные трубы жилых домов) источники могут повлиять на локальный уровень загрязнения более существенно, чем высоко расположенные источники (выброс из высоких труб).

Следует особо подчеркнуть, что при планировании мониторинга выбросов или сбросов из известных или потенциальных источников не только количество выбросов, но и их флуктуации во времени имеют большое значение. Необходимо удостовериться, что система наблюдения зафиксирует эти флуктуации (это особенно важно при мониторинге загрязнения атмосферного воздуха, поскольку концентрации загрязняющих веществ в этой среде меняются очень быстро).

После определения мест пробоотбора (наблюдений) наступает стадия проведения измерений и наблюдений, включающая полевые операции (измерения, проводимые на месте, пробоотбор, обработка и консервирование проб, идентификация и доставка в лабораторию) и лабораторные измерения/наблюдения (измерение концентраций загрязняющих веществ, использование биотестов в лабораторных условиях и т.п.). Лабораторные анализы и полевые измерения должны проводиться с ссылкой на используемые методики и рекомендации. Контроль качества данных может осуществляться с применением статистических методов, выполнением анализа шифрованных проб и т.д. Приложение 3 полностью посвящено обсуждению физико-химических методов анализа и их применению для наблюдения за объектами окружающей среды и источниками воздействия.

Обратная связь

В ходе мониторинга должен быть обязательно реализован механизм обратной связи, который позволит скорректировать программу, выявить ее слабые места. Так, с учетом конкретных методов и оборудования, интерпретации результатов первых измерений, могут быть пересмотрены приоритеты программы. По истечении некоторого времени накапливается материал и для повторной оценки цели программы, ее соответствия доступным ресурсам. При этом обязательным условием эффективной работы механизма обратной связи является контроль качества данных и их корректная и грамотная интерпретация. Для конкретных целей или выявления значимости наблюдаемых изменений может оказаться полезным привлечение экспертов со стороны. На этой же стадии большое внимание следует уделить способам обработки и хранения первичной информации.

Завершающей стадией является распространение информации, полученной на основании выполненной программы контроля, и выработка рекомендаций для всех заинтересованных групп и организаций.

В целом программа должна:

- быть научно обоснованной;
- быть достаточно гибкой, допускать пересмотр задач и подходов на основе получаемых результатов;
- давать значимые результаты, т.е. результаты, несущие осмысленную информацию, которую можно интерпретировать;
- быть экономичной, полностью управляемой и контролируемой с точки зрения материальных и временных ограничений.

Выбор оборудования и методов анализа

Выбор методов и средств измерений параметров источников воздействия и факторов окружающей среды зависит не только от того, за каким компонентом или параметром вы намерены вести наблюдения, но и от задач вашей программы в целом. Например, не всегда необходимо привлечение инструментальных методов определения загрязняющих веществ – существуют достаточно простые и информативные приемы, не требующие сложного оборудования и высокой профессиональной подготовки (визуальные методы, некоторые способы биоиндикации и т.п.). Детальному описанию методик анализа воздушной и водной сред посвящены многочисленные нормативные документы, учебные пособия, справочники.

Если вы твердо уверены в том, что для решения поставленной задачи необходимы именно инструментальные методы, следует иметь в виду, что их выбор определяется многими соображениями, включая пригодность методики, доступность необходимого оборудования, стоимость анализа, чувствительность и необходимую продолжительность измерений и отбора и мешающее влияние возможных факторов на ход анализа. Если вы намерены обсуждать ожидаемые результаты с официальными лицами и приводить их в отчетах в сравнении с материалами государственных служб, применяемые вами средства и методы должны быть аттестованы и введены в действие нормативными документами. Отметим, что методики измерений могут быть утверждены и допущены к применению Госстандартом РФ, а также министерствами и ведомствами. Предпочтительнее

использовать методики, утвержденные Госстандартом РФ; допустимо применение методик Госсанэпидемслужбы и Росгидромета. Так, в соответствии с требованиями **СанПиН 2.1.4.559-96** для проведения лабораторных исследований (измерений) качества **питьевой воды** допускаются метрологические методики, соответствующие требованиям **ГОСТ 8.563-96** и **ГОСТ 8.556-91**, установленные значения показателей погрешности которых не превышают норм погрешности по **ГОСТ 27384-87**, а также методики, утвержденные или допущенные к применению Госстандартом России или Госсанэпидемслужбой России.

При использовании других ведомственных методик следует уточнить, являются ли рекомендованные способы проведения измерений пригодными для технологического контроля (например, в химической или пищевой промышленности) или для оценки качества природных сред. Выполнение аналитических измерений по неаттестованным методикам может поставить под сомнение полученные вами результаты.

Даже в том случае, если вы приняли решение обратиться за помощью для выполнения аналитических измерений в специализированную лабораторию, снискавшую заслуженное доверие ваших коллег, следует учитывать возможности применяемого профессионалами оборудования и методов, а также особенности "судьбы" проб, направляемых на анализ. Внимательное изучение необходимого минимума определений и понятий, касающихся проведения измерений, позволит вам увереннее чувствовать себя в дискуссиях с профессионалами и избежать типичных ошибок в интерпретации результатов.

Точность измерений – характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. Высокая точность измерений соответствует малым составляющим погрешностей всех видов (как случайных, так и систематических).

Погрешность измерения – характеристика результата измерения, представляющая собой отклонение найденного значения величины от ее истинного значения.

Различают **абсолютную погрешность измерений**, выражаемую в единицах измеряемой величины, и **относительную погрешность измерений**, представляющую собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины (в долях единиц, в процентах и т.д.). Погрешность измерения – результат воздействия на средство измерений и измеряемую величину неблагоприятно влияющих факторов (колебаний температуры, электромагнитных помех и т.п.), несовершенства метода и самого средства измерений (неточность его начальной градуировки, нестабильность во времени).

Различают **случайные** и **неучтенные систематические** погрешности измерений. Случайная погрешность измерений характеризуется рассеиванием результата при повторных измерениях с учетом задаваемого уровня доверительной вероятности (средним квадратичным отклонением). Источники систематических погрешностей метода устанавливают обычно, проводя контрольные измерения с использованием других известных методик.

Важно четко разграничивать значения терминов **предел обнаружения** и **чувствительность**. **Предел обнаружения** – это наименьшее содержание

исследуемого компонента, при котором по данной методике можно обнаружить его присутствие с заданной погрешностью.

Термин **чувствительность** (который часто, но неправомерно используется при обсуждении нижней границы определяемых содержаний) характеризует изменение аналитического сигнала, соответствующее изменению концентрации определяемого вещества. Несколько упрощая, можно сказать, что предел обнаружения характеризует минимальное содержание вещества, которое можно определить с помощью данного метода, а чувствительность – минимальную разницу между содержаниями вещества, которую метод способен "заметить" или "почувствовать".

При измерении концентраций, близких к пределу обнаружения метода, получают очень большие погрешности определения, которые быстро увеличиваются с приближением концентрации к этому пределу. Но если искомая концентрация примерно на порядок больше данного предела, то погрешности уже мало зависят от концентрации. Следовательно, надо выбирать методы, предел обнаружения которых, по крайней мере, в 10-15 раз превышает измеряемые концентрации. Особенно важно, чтобы выбранная вами методика анализа работала при концентрациях определяемого компонента на уровне обсуждаемой предельно допустимой концентрации.

Термины **селективность** и **специфичность** отражают степень мешающего влияния основного, не интересующего вас материала пробы на определение исследуемого компонента по данной методике. При этом специфичным для данного вещества называют предельно селективный метод, не подверженный мешающим влияниям со стороны других веществ.

В ряде случаев большое значение имеют многокомпонентные методы, позволяющие определять сразу большое число компонентов (например, атомно-эмиссионный и рентгеновский спектральный анализ, хроматография). Роль таких методов возрастает. Примерный перечень оборудования и возсожные области его применения см. в таблице 8.

При прочих равных условиях предпочитают методы прямого анализа, т.е. не связанного с химической подготовкой пробы, однако иногда такая подготовка необходима. Например, предварительное концентрирование исследуемого компонента позволяет определять меньшие его концентрации, устранять трудности, связанные с неомогенным распределением компонента в пробе и отсутствием образцов сравнения. В любом случае, важно избежать потерь на этой стадии, поэтому следует отдавать предпочтение методикам, которые требуют минимального количества стадий фильтрования, экстракции, отгонки, переноса из одного сосуда в другой, воздействия высоких температур и т.п. (при этом методика должна быть достаточно чувствительной и селективной для выполнения анализа!).

Сложность состава природных сред служит причиной того, что помехи, возникающие при измерении концентрации одного вещества при наличии других веществ, могут приводить к серьезным ошибкам. Большинство стандартных методик содержит перечень таких проблем и способов их устранения.

Табл. 8 – Оборудование для рекогносцировочных исследований
(по М.В. Хотулевой)

Тип прибора	Возможные области применения
Кондуктометр или прибор для измерения сопротивления водных растворов	Оценка минерализации воды, локализация источников сбросов электролитов (солей, щелочей, кислот)
рН-метр, иономер	Определение водородного показателя (рН), при использовании ионоселективных электродов - определение присутствия нитратов, хлоридов и других ионов
Газоанализатор типа УГ-2 или "Пчелка"	Полуколичественное определение наиболее часто встречающихся вредных примесей в атмосферном воздухе
Фотоэлектроколориметр	Измерения многих параметров, основанные на проведении цветных реакций; при соответствующей подготовке проб можно использовать для анализа состава воздуха, воды, почвы, биологических тканей
Газовый хроматограф (в том числе переносно)	Определение органических примесей в составе атмосферного воздуха и воды

В конце раздела, посвященного выбору методов измерений, хочется еще раз подчеркнуть, что собственно организация аналитических измерений не является самоцелью. Тем более, измерений, требующих привлечения дорогостоящего и сложного оборудования. Рекогносцировочные исследования (особенно основанные на принципе поиска маркеров загрязнения) вполне можно проводить, используя минимум средств измерений. Позволим себе сформулировать рекомендации в отношении такого набора оборудования, не претендуя на полноту списка и на удовлетворение потребностей любой группы.

И все же еще раз отметим, что основная проблема состоит в получении адекватной информации о состоянии окружающей среды и об источниках воздействия. А информацию можно извлечь как из полученных ранее (государственными и неправительственными организациями) численных материалов, так и проводя собственные визуальные наблюдения, фото- и видеосъемку (см. раздел "Модельные проекты").

Оборудование для радиоэкологического мониторинга и контроля

Особое место в деятельности общественных организаций занимают проекты, направленные на организацию радиоэкологического мониторинга и контроля. Как правило, общественные организации своими силами могут выполнить только определенный комплекс полевых исследований. Лабораторные радиоэкологические исследования требуют дорогостоящих приборов, квалифицированного персонала и особых условий, связанных с обеспечением безопасности работающих. Поэтому в

арсенале общественных организаций, ведущих радиоэкологический мониторинг, присутствуют, главным образом, различные типы дозиметров и радиометров.

При этом мощность экспозиционной дозы (мкР/час), отражающая степень загрязнения гамма-излучателями, может быть измерена обычным полевым дозиметром. Загрязнение бета-активными радионуклидами, к числу которых относится такой опасный изотоп, как стронций-90, при этом не регистрируется. Бета-загрязнение (описываемое плотностью потока бета-частиц) регистрируется специальными бета-радиометрами, которые часто совмещают с гамма-дозиметрами. Точность такой оценки гораздо ниже, и информация об уровнях бета-загрязнения, полученная полевыми методами, может носить только сигнальный характер. Степень же загрязнения местности альфа-излучателями не может быть даже оценена полевыми методами. Хотя радиометры, регистрирующие альфа-частицы, существуют, малая проникающая способность альфа-частиц накладывает принципиальные ограничения на возможности полевой оценки уровня этого типа загрязнения. Эти ограничения не зависят от чувствительности регистрирующего устройства. Поэтому для корректной оценки уровня загрязнения альфа-излучателями необходимо проведение лабораторных анализов.

Выбирая для работы тип прибора дозиметрического контроля, следует помнить, что дозиметрические приборы делятся по своему назначению на профессиональные и бытовые. Бытовые приборы существенным образом отличаются от профессиональных отсутствием экранировки, позволяющей отсекал жесткое бета-излучение от гамма-излучения, а также имеют не всегда удовлетворительную кривую жесткости. В результате бытовые дозиметры зачастую искажают результаты и дают только качественную картину загрязнений. Поэтому, если вы намерены представлять свои данные в официальные органы для принятия решений, вам следует оперировать только профессиональными дозиметрами, проходящими ежегодную поверку.

Всем общественным организациям, работающим в области общественного радиоэкологического контроля, следует учитывать, что принятие административных решений теперь осуществляется только на основании сведений о годовой эффективной дозе. Добиваться принятия решений, например, о социальной защите жителей, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях, на основании данных о плотности радиоактивных загрязнений, а тем более информации об интенсивности излучения на максимально загрязненных участках бесполезно – в соответствии с действующими Нормами радиационной безопасности, эти данные не могут лечь в основу административных решений.

Сведения о мощности экспозиционной дозы или о плотности радиоактивного загрязнения служат в основном для общей оценки ситуации. Карты радиационной загрязненности чрезвычайно полезны для принятия квалифицированных решений как на государственном, так и на индивидуальном уровнях. Однако если раньше зонирование радиационно загрязненной территории осуществлялось именно по плотности загрязнений, сегодня зонирование проводится только по величине годовой эффективной дозы. Поэтому, если ваша организация ставит своей целью принятие административных решений, направленных на изменение статуса территории, социальную защиту населения и т.п., вам следует организовать свои исследования таким образом, чтобы результатом стала годовая эффективная доза.

Обсуждая тему радиационного мониторинга и контроля, важно подчеркнуть, что абсолютное большинство общественных организаций могут самостоятельно выполнять только полевые исследования, связанные с определением интенсивности радиоактивного загрязнения местности. Корректное определение радионуклидного состава загрязненных почв, а тем более продуктов питания возможно только в лабораторных условиях.

Если вам необходимо провести углубленные исследования, связанные с определением изотопного состава, вам следует обратиться в исследовательскую лабораторию.

Полезно помнить, что аттестованными методиками определения наиболее часто встречающихся радионуклидов являются:

- для цезия-137 - гамма-спектрометрия;
- для стронция-90 - радиохимический метод по сопутствующему иттрию;
- для плутония-239,240 - радиохимическое определение.

Спектрометрический метод определения стронция-90, применяемый рядом лабораторий, не является аттестованным и может служить только для качественной оценки.

Отбор и подготовка проб

Стадия пробоотбора представляет собой весьма важный этап организации экологического мониторинга. Прежде всего, необходимо обеспечить такие условия, при которых проба отражала бы реальное содержание определяемых компонентов в окружающей среде. При этом большое значение имеет сам объект исследования. Так, состав наиболее подвижной среды – воздуха – постоянно меняется, а концентрации примесей невысоки. Поэтому при пробоотборе для аналитических определений требуется прокачивать через поглотители большие объемы воздуха. При изучении водных систем часто имеет смысл уделить первоочередное внимание донным отложениям, накапливающим многие загрязняющие вещества и отражающим долговременную картину загрязнения. Наконец, нужно помнить о том, что для уменьшения случайных погрешностей целесообразно проводить несколько параллельных определений, что ведет к увеличению минимального объема пробы.

Во избежание загрязнений уже на стадии отбора пробы следует принимать специальные меры предосторожности. Такие меры обычно подробно описаны либо в самих методиках, либо в специальных руководствах по анализу, перечень которых приведен в списке литературы. Неаккуратное обращение и неправильное хранение могут привести к изменению состава пробы вследствие фотолитического или термического разложения, химических реакций, микробиологических превращений и т.д.

Так, например, попадание в анализируемую пробу пыли из воздуха (если измерения проводятся вблизи транспортных магистралей, рядом с заводом, электростанцией) может служить источником загрязнения и ошибки при определении металлов (взвешенные частицы выбросов промышленных предприятий и транспорта содержат тяжелые металлы). Загрязнение воздуха лаборатории парами ртути также ведет к завышению содержания этого элемента в пробе. Все это нужно учитывать при определении следовых количеств загрязняющих веществ.

Во многих случаях практикам приходится прибегать к **консервированию пробы** – операции, позволяющей проводить аналитические работы не непосредственно в полевых условиях, а через некоторое время. Процедуры консервирования проб воды,

донных отложений, биологических объектов, детально описаны в соответствующих методических указаниях. Отметим лишь, что требования к консервированию следует выполнять неукоснительно и, при необходимости, делить пробу на несколько порций, консервируя их по отдельности для последующего анализа.

Стадия пробоподготовки является первой ступенью собственно аналитической фазы. Помехи от неизвестных факторов должны быть полностью исключены. Цель подготовки пробы – перевод определяемого компонента (и пробы) в форму, пригодную для анализа с помощью выбранного метода, удаление мешающих веществ или их маскирование, а в некоторых случаях – строго известное изменение концентрации (разбавление или концентрирование) так, чтобы предполагаемое содержание определяемого компонента было близко к середине рабочего диапазона используемого метода анализа. Все необходимые операции описываются в прописях методик.

Документирование результатов

Документирование результатов – важная составляющая общественного экологического мониторинга. Документировать необходимо все стадии работы, начиная с отбора проб. Особое внимание этому следует уделить, если вы намерены добиваться принятия каких-либо административных решений на основе ваших результатов.

Отбор проб обычно оформляется протоколом, который подписывают все его участники. Форма протокола может быть разработана вашей организацией или заимствована у государственных служб. Если вы разрабатываете собственную форму, подойдите к этому очень тщательно: из нее не должны исчезнуть детали, которые могут оказаться существенными при интерпретации результатов.

Протокол отбора проб должен составляться непосредственно в момент пробоотбора. В конфликтных случаях (особенно при обращении в суд) протокол, составленный "задним числом", может стать достаточным основанием для признания результатов недействительными.

Результаты лабораторных исследований должны быть записаны в лабораторный журнал. Все первичные результаты (протоколы, рабочие журналы и прочая документация) должны сохраняться в течение всего времени, пока вы оперируете полученными результатами.

Если вы убеждены в том, что полученный цифровой материал достоверен и надежен (см. ниже раздел "Интерпретация результатов"), отражает реальное состояние исследуемого объекта в момент проведения наблюдений, необходимо представить его в виде таблицы.

Целесообразно включать в таблицы данных все полученные результаты, рассчитанные средние величины и отклонения от них, а также дополнительную информацию, необходимую для корректной интерпретации результатов. Это, например, информация о действующих стандартах, фоновом или реперном значении определяемого параметра, характерный интервал значений параметра по результатам прошлых измерений, необходимые примечания. В тех случаях, когда определение исследуемой величины проводят независимо различными методами, следует внести в таблицу информацию об альтернативных методиках.

Корректно оформленные таблицы результатов не менее важны, чем протоколы пробоотбора и описание источников воздействия, выступающих в качестве причин загрязнения окружающей среды.

Приведенные вымышленные таблицы (таблица 9) содержат как собственно полученный цифровой материал, так и сведения, которые могут (и должны) быть использованы для интерпретации результатов.

Табл. 9 – Образец таблицы результатов анализов водной среды
(по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Дата	Параметр	Размерность	Полученные значения	Среднее значение и отклонение от среднего
27.07 2017	N (аммон.)	мг/дм ³	2,5 2,8 3,0 3,0 2,5 2,7	2,8+0,8 (90% довер. интервал)

ПДК или другой стандарт	Значение показателя в фоновом створе	Характерный (за июль прошлого года) интервал значений	Примечания
2,0 ПДК _в	0,9 (лит. источники)	1,8-2,6	Фотометрический анализ с реактивом Несслера, прибор КФК-4. Превышение стандарта для водоемов хоз.-питьевого и культ.-быт. пользования, специфический запах

Образец таблицы результатов анализов атмосферного воздуха

Дата	Параметр	Размерность	Полученные значения	Среднее значение и отклонение от среднего
11.10 1996 8.30- 9.30; 16.00-17.30 (часы пик)	СО	мг/м ³	25 20 22 18 21 20	21+8 (90% довер. интервал)

ПДК или другой стандарт	Реперная величина	Характерный (за прошлый месяц) интервал значений	Примечания
3,0 ПДК _{СС} 20 ПДК _{РЗ}	"< 2 в ранние часы (5.00-6.00) до возрастания потока автотранспорта"	15,0-25,0 (часы пик)	Линейно-колористический анализ - прибор УГ-2. Превышение стандарта для воздуха рабочей зоны

Интерпретация результатов: типичные ошибки и пути их преодоления

*Улики сами по себе не страшны,
страшна неправильная интерпретация.*
Бр. Стругацкие. "Хромая судьба"

Итак, получены долгожданные результаты измерений. Возможно, вам пришлось отказаться от самостоятельных аналитических работ, и цифровой материал получен в лаборатории научно-исследовательского института. Это рациональный шаг, но и собственные, и выполненные по вашему заказу аналитические материалы должны быть интерпретированы так, чтобы цифры заговорили, стали информацией.

Действительно, в основе любого заключения о сложившейся экологической ситуации, о качестве воздуха, воды, почвы лежит информация, а не некоторый массив цифр. Интерпретация и представление полученных результатов в значительной мере определяют возможности использования данных для принятия экологически значимых решений (таких, как отказ от одного из видов водопотребления или водопользования, требование пересмотра границы санитарно-защитной зоны предприятия и др.)

К сожалению, очень часто под интерпретацией понимают сравнение полученных результатов, выраженных в количественной форме, с соответствующими значениями ПДК или другими нормативными показателями. В результате получают те же цифры, выраженные в других единицах (например, в единицах ПДК), что не создает никакой дополнительной информации. Соответственно, такая процедура не может считаться интерпретацией результатов и, в лучшем случае, представляет собой лишь первый ее этап. (Отметим, однако, что уже этот этап предоставляет возможности для ошибок и манипуляций – прежде всего, путем отнесения результатов к "ненадлежащему" нормативу, предназначенному для других условий.)

Процесс интерпретации полученных результатов можно коротко описать как анализ данных, целью которого является получение как можно большего объема информации о процессах, к которым данные имеют (или предположительно могут иметь) отношение.

Интерпретация результата, как количественного, так и качественного, подразумевает ответы на следующие вопросы:

1. Каковы причины полученных результатов (т. е., почему получены именно эти результаты)? При этом имеются в виду не только причины методического характера (им следует уделять внимание на более ранних этапах программы – при планировании измерений, отборе проб, собственно измерениях). Если полученные данные достоверны, следует задать вопросы о причинах, обусловивших наблюдаемые явления. Каков источник зафиксированного загрязнения (предприятие, дачный поселок, естественный процесс)? Что можно сказать о применяемом производственном процессе на основании анализа сточных вод предприятия?

2. Соответствуют ли полученные результаты тому, что вы ожидали? Если да (нет), то почему? Невнимание к этому вопросу способно привести к обнаружению "сенсационных" данных, которые не подтвердятся впоследствии.

3. Каковы следствия наблюдаемых явлений? Речь здесь, главным образом, идет не о прогнозе (особенно в случае общественных организаций). Должен быть поставлен вопрос о том, что практически означает полученный результат – с точки зрения здоровья населения, состояния экосистемы и т.п. При этом следует принимать во внимание ответы на первые два вопроса. Это, например, означает, что следует ставить вопрос не только о том, каково воздействие на окружающую среду обнаруженного вещества, но и о том, каково воздействие производственного процесса, признаком которого является это вещество.

Лишь получив ответы на все три вопроса, вы можете быть уверены в том, что отнеслись к интерпретации результатов должным образом.

Некоторые типичные трудности, возникающие в процессе интерпретации результатов, хорошо видны на примере государственной системы мониторинга.

Государственный мониторинг: проблемы интерпретации

Одной из серьезнейших проблем государственного экологического мониторинга является иерархическая система интерпретации полученных данных. Обычно местные службы, занимающиеся сбором первичного материала, сами и не пытаются его интерпретировать. Они передают сведения (прежде всего, в количественной форме) в вышестоящие инстанции, где первичные данные заносятся в обобщающие таблицы. Эти таблицы дают возможность взглянуть на проблему шире, увидеть то, что не очевидно на местном уровне. Однако при этом местная специфика напрочь исчезает: локальные данные "умирают", оживить их уже нельзя, разве что путем возвращения к первичным журналам, чего в реальной жизни не происходит никогда. В результате безвозвратно погибает огромный пласт информации.

Типичная "черная", то есть торфяная речка Центрального района традиционно описывалась в "Ежегодниках качества поверхностных вод суши" как загрязненная нефтепродуктами с соответствующей интерпретацией, выполненной в одном из региональных управлений Росгидромета. На самом деле, по методу определения присутствия собственно нефтепродуктов в воде устанавливается и содержание углеводов торфяного происхождения. Характерно, что ни одна из государственных организаций не допустила ни ошибки пробоотбора, ни систематической ошибки определения загрязняющих веществ. Но сама интерпретация, оторванная от реалий провинции, в которой расположен водосбор реки, не позволяла установить источник воздействия или природный фактор формирования состава воды.

Даже многие исследовательские коллективы, проводящие научные исследования состояния окружающей среды, обращаются с экспериментальными данными не лучшим образом. Они долго накапливают свои результаты, приступая к интерпретации только тогда, когда получен большой массив данных. Если при этом обнаруживается, что в начальный момент был допущен хотя бы небольшой недочет в планировании эксперимента, ситуация становится необратимой: полученные материалы трудно интерпретировать корректным образом.

Есть только один способ избежать подобных ошибок: интерпретация полученных результатов должна быть процессом, параллельным их получению. При этом могут быть использованы несложные методы получения дополнительной

информации, например качественные наблюдения или "разведывательные" подходы к организации наблюдений, описанные в главе "Предварительный анализ".

Требования, предъявляемые к аналитическим данным

Основопологающим условием для объективной оценки состояния окружающей среды является получение достоверных и сопоставимых аналитических данных. К результатам измерений, к способам их представления и интерпретации предъявляются достаточно строгие требования. Иногда организаторы общественного экологического мониторинга полагают, что такой мониторинг – особый вид деятельности, отличный от работы государственных систем наблюдений. Главное в общественном мониторинге – оперативно отреагировать на ухудшение экологической ситуации и обнародовать полученные результаты. В общем случае это утверждение верно, но при соблюдении некоторых условий.

В 1996 году силами общественных организаций были опубликованы результаты исследования содержания тяжелых металлов в тканях птиц (чаек), отловленных на прудах-накопителях сточных вод промышленных предприятий. Концентрации тяжелых металлов, установленные с помощью научно-исследовательской организации, были приведены в сравнении с величиной ПДК, установленной для мясных продуктов питания. Подобный прием, возможно, делает восприятие ярче, но не может считаться оправданным. Фактически тревожная публикация не содержала достоверной информации, несмотря на то, что в ней были использованы верные числа и размерности. Корректно было бы сравнить установленную степень накопления с результатами аналогичных исследований, предпринятых в чистых (фоновых), относительно благополучных и опасно загрязненных регионах.

Вернемся к требованиям, предъявляемым к аналитической информации. Прежде всего, это – **достоверность** как в качественном, так и количественном отношениях. Достоверная информация должна адекватно отражать содержание определяемого вещества в объекте анализа.

Основным фактором, влияющим на достоверность анализа, независимо от используемой методики и способов регистрации аналитического сигнала, является стадия пробоотбора, причем погрешность определений, обусловленная пробоотбором, может достигать сотен процентов. Необходимо использовать стандартные методы пробоотбора (как правило, они описаны в тех сборниках аналитических методик, которыми вы решили пользоваться). Выполнение измерений без отбора проб (например, на месте при исследовании минерализации воды, рН воды и почвы, влажности почвы) позволяет избежать этого источника ошибок.

Другое важное требование к аналитической информации – ее **сопоставимость**. Это требование напрямую связано с необходимостью использования данных, полученных в различных лабораториях, причем их сопоставимость во многом зависит от погрешности анализа. Если точность результатов неодинакова, то сопоставлять их (а тем более делать на основании этого выводы) некорректно. Если вы пытаетесь сопоставить полученные с помощью компаратора (полуколичественного метода) и спектрофотометра результаты определения аммония в воде, то сравнение можно проводить лишь на качественном уровне.

Надежность аналитической информации зависит также от применения специфических средств обеспечения качества результатов анализа (таких, как градуировочные стандарты и межлабораторные исследования). В общем виде контроль качества результатов химического анализа должен обеспечивать:

- контроль случайных погрешностей (воспроизводимости);

- контроль систематических погрешностей (достоверности);
- контроль матричного эффекта в отношении воспроизводимости, достоверности и точности;
- контроль отклонений в пределах одной серии;
- установление причин отклонений и их устранение.

Способы оценки случайных погрешностей весьма разнообразны и, как правило, основаны на применении методов математической статистики. Можно рекомендовать использовать книгу К. Дерфеля "Статистика в аналитической химии", справочник А. Гордона, Р. Форда "Спутник химика" или любое пособие по аналитической химии, содержащее раздел "Оценка результатов измерений").

Контроль систематических погрешностей, установление причин отклонений и их устранение лучше всего проводить в сотрудничестве с коллегами, ведущими аналогичные исследования.

Общественная организация, проводившая мониторинг малой реки, обнаружила в природных водах огромные количества таллия (на несколько порядков превышающие допустимые нормы). Такой же результат был получен при анализе воды из городского водопровода. Несмотря на то, что результат был подтвержден аттестованным методом, исследователи сочли целесообразным провести контрольные измерения. Контрольные измерения не подтвердили полученных результатов. Внимательное отношение к "сенсационным" результатам позволило общественной организации не допустить использования ошибочных результатов и, как следствие, дискредитации самой организации.

"Сенсационные" результаты

Если обнаруженное вами загрязняющее вещество не может быть связано ни с природными процессами (в том числе, и аномальными), ни с деятельностью одного из предприятий района или области, возможно, вы допустили аналитическую ошибку. В любом случае, при получении неожиданного результата вам следует тщательно проанализировать его и оценить все возможные источники ошибок. В противном случае вы можете оказаться источником некорректных сведений, что может отрицательно повлиять на репутацию вашей организации.

Один из очень простых приемов, позволяющих исключить подобные ошибки – фоновые измерения. Например, если в месте сброса вы обнаруживаете неожиданный компонент, появление которого никак не может объясняться технологиями, применяемыми на объекте, полезно отобрать пробу выше по течению, вне зоны влияния данного объекта.

Другой простейший прием, требующий, однако, определенных затрат – контрольные измерения (например, "шифрованные" пробы с известным содержанием загрязняющего вещества).

Следует еще раз подчеркнуть, что не обнаруженная вовремя ошибка измерений может сильнейшим образом скомпрометировать вашу организацию и подорвать доверие к вам на долгое время.

Пример интерпретации данных общественного мониторинга

Для наглядности рассмотрим проблемы интерпретации результатов на конкретном (вымышленном) примере. Вообще, в этой главе мы намеренно уделяем основное внимание вымышленным и реальным ситуациям, стандартам водопользования и состояния атмосферного воздуха, а не приемам статистической обработки результатов. Дело в том, что наиболее характерная ошибка организаций, ведущих общественный мониторинг, состоит не в обсуждении и публикации ошибочных, некорректно рассчитанных величин, а в попытке использования для принятия решений "сырых", практически не интерпретированных результатов.

Общественная организация "Биоген" разработала программу мониторинга городского водохранилища, используемого населением города для купания, ловли рыбы, катания на лодках. В последние годы водохранилище "цветет". Специалисты санэпидемстанции осуществляют наблюдения за бактериологическим режимом водохранилища в купальный сезон. Оснований для закрытия пляжей нет, так как возбудители инфекционных заболеваний лабораторией СЭС не обнаружены.

С использованием концентрационного фотоэлектроколориметра ЦЗЛ предприятия "Свет" добровольцы группы "Биоген" ежедневно проводят аналитическое определение аммонийного азота в пробах воды, отобранных на пляже. Полученные значения концентраций сведены в таблицу.

По мнению активистов группы, администрация города и сотрудники СЭС обязаны принять во внимание результаты анализов и закрыть пляж. Гневная заметка, говорящая о превышении ПДК в полтора раза и недопустимости загрязнения водохранилища, опубликована "Биогеном" в местной газете "Новая жизнь".

Хорошо ли выполнена работа? Достигнута ли основная цель общественного экологического мониторинга – обеспечение населения оперативной, гласной и достоверной информацией об источниках загрязнения и о состоянии окружающей среды? И да, и нет. По нашему мнению, эффект был бы гораздо более сильным и долговременным, если бы внимание группы было сконцентрировано на собственно интерпретации результатов и на опубликовании материала, имеющего образовательную значимость, в СМИ. Кроме того, "Биоген" допустил характерную ошибку, использовав лишь прием сравнения полученных данных с ПДК, не разъясняя при этом, о каком стандарте (для культурно-бытовых, рыбохозяйственных или питьевых вод) идет речь. Упущена возможность обсудить изменение ситуации во времени, вклад вероятных источников загрязнения, риск возникновения заболеваний. Приведем примерный ход рассуждений, который мог бы быть использован группой при интерпретации полученных результатов.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм³ в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды,

поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм³ аммония, в бытовых стоках – 2-7 мг/дм³; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 граммов аммонийного азота (в расчете на одного жителя).

В водосборе водохранилища расположен дачный поселок. Выгребные ямы поселка, устроенные на легких песчаных почвах, могут представлять собой источник поступления ионов аммония в водохранилище. Следует провести дополнительные наблюдения в непосредственной близости от поселка, а также предложить вниманию дачников обзор результатов общественного экологического мониторинга и книгу "Что делать со сточными водами".

Предельно допустимая концентрация в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ($ПДК_{в}$) установлена в размере 2 мг/дм³ по азоту или 2.6 мг/дм³ в виде иона NH_4^+ (лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический). Однако для рыбохозяйственных водоемов нормирование более жесткое – для аммонийного азота $ПДК_{вр}=0.05$ мг/дм³ по азоту.

Стабильно повышенные уровни содержания аммонийного азота в водохранилище свидетельствуют о повышенном риске загрязнения его хозяйственно-бытовыми водами. Несмотря на то, что СЭС не подтверждает присутствия возбудителей заболеваний, есть смысл обсудить с жителями опасность использования водохранилища для купания детей.

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм³ снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Пораженная рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Чтобы собрать дополнительную информацию и привлечь к сотрудничеству рыбаков, при помощи клуба "Рыболов-спортсмен" можно провести опрос его членов, чтобы выяснить особенности поведения рыбы, весенних заморозов мальков на протяжении последних лет. Необходимо заинтересовать поклонников Аксакова и Сабанеева в сотрудничестве, тем более, что среди владельцев дач тоже есть члены клуба.

Информации достаточно для организации круглого стола с участием представителей СЭС, комитета по охране природы, садово-огородного товарищества, клуба "Рыболов-спортсмен". Для заседания можно подготовить листовку с интерпретированными результатами анализов, ксерокопии главы об обустройстве выгребных ям из книги "Что делать со сточными водами", ксерокопию требований к санитарной охране водоемов из "Справочника помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога". Можно предпринять попытку распределения обязанностей в отношении продолжения наблюдений, обеспечения поселка услугами ассенизационной службы (ЖКХ) и т.д.

Уход от дискуссии по поводу десятых долей микрограммов к обсуждению реальной опасности и возможных решений не противоречит принципам экологического мониторинга, а напротив, усиливает позиции общественности.

Качественные и полуколичественные методы

Отметим интересную особенность общественного экологического мониторинга. Интерпретировать можно и не содержащий каких-либо цифр материал наблюдений. Фотодокументированные неорганизованные источники воздействия (свалки бытового

и промышленного мусора), визуально зарегистрированные выбросы черного дыма от якобы (!) работающих на газу котельных могут (и должны) быть обсуждены как с государственными службами, так и с виновниками загрязнения.

В городе А. в рамках учений по гражданской обороне было проведено определение содержания иприта в рыбе, взятой с рыбозавода. Результат оказался ошеломляющим: в продукции присутствовал иприт в значимых количествах. Тщательный анализ результатов показал, что тест, используемый в системе гражданской обороны, обладает низкой селективностью и реагирует на присутствие органического хлора вообще. Другими словами, полученный результат свидетельствовал не о присутствии иприта, а о наличии хлорорганических веществ. Эти вещества, возможно, также обладают достаточно высокой степенью токсичности, но не относятся к классу боевых отравляющих веществ.

При использовании простых, например полуколичественных, методов анализа тоже есть возможность интерпретировать полученные результаты. Доступные приборы УГ-2, "Пчелка", Dräger позволяют регистрировать транспортное загрязнение, фиксировать факты значительного превышения ПДК_{мр} на границах санитарно-защитных зон. Не следует углубляться в дискуссию по поводу пределов обнаружения оксида углерода, систематической и случайной погрешностей, достаточно на качественном уровне доказать, что транспортный поток должен быть направлен по другому переулку, так как школьный двор и окна классов находятся на расстоянии 5 м от проезжей части, а в часы пик концентрации вредных веществ на порядки выше, чем ночью. И вообще, если УГ-2 зарегистрировал присутствие СО, то школьные классы проветриваются воздухом, мало пригодным даже для рабочей зоны.

В то же время, интерпретация результатов, полученных при использовании полуколичественных и качественных методов требует особой осторожности. При получении сенсационного результата необходимо проверить его более точными методами. Так, например, обнаружив с помощью прибора СРП-68 участок с резко повышенным радиационным фоном, необходимо подтвердить этот результат дозиметрическими методами.

Несколько слов о прогнозировании

Говоря об интерпретации полученных результатов, мы имеем в виду некоторую аналогию тому виду деятельности, который в государственной системе мониторинга определен как "Оценка фактического состояния". Задача прогнозирования в общем случае предполагает формирование значительного массива многолетних данных, использование различных математических моделей. В структуре общественного экологического мониторинга прогноз состояния экологических систем осуществлен быть не может.

Однако некоторые элементы прогнозирования могут быть использованы при интерпретации полученных результатов.

В 1996-1997 годах водность большинства рек, озер, водохранилищ Центральной России была значительно ниже, чем в 1995 году. Более того, сток многих рек был ниже среднего многолетнего уровня. Известно, что эвтрофикация малопроточных водохранилищ обусловлена увеличением притока биогенных веществ (прежде всего, соединений фосфора и азота) с водосбора. В 1994-1995 годах в ходе общественных наблюдений за режимом небольшого водохранилища было установлено, что большая часть биогенных элементов поступает с недоочищенными хозяйственно-бытовыми водами и поверхностным стоком с приусадебных участков. В июле-августе в

водохранилище бурно развивались синезеленые (в том числе, и токсичные) водоросли. Даже при общем падении уровня производства в районе (и в водосборе водохранилища) поступление соединений фосфора и азота от описанных источников не может уменьшиться значительно. То есть при более или менее постоянном притоке массы фосфора и азота и упавшем объеме водного объекта можно ожидать возрастания концентраций биогенных элементов.

Поэтому после непродолжительного половодья 1996 года, когда вода спала и стало очевидным падение уровня водохранилища, можно было, не дожидаясь прогрева водных масс и появления колоний синезеленых водорослей, **прогнозировать** неблагоприятный режим и обсуждать превентивные (предотвращающие вспышку желудочно-кишечных и кожных заболеваний) меры с врачами городской СЭС.

Несколько рекомендаций

В общем виде рекомендации для организаций, занимающихся экологическим мониторингом источников и факторов воздействия, могут быть сформулированы следующим образом:

- неукоснительно выполнять требования, предъявляемые к пробоотбору, пробоподготовке, протоколированию отбора образцов и проведению анализов;
- четко знать возможности применяемых методов анализа;
- использовать только достоверный численный материал;
- требовать от привлеченных экспертов или проводить самостоятельно оценку случайных погрешностей, представлять результаты в виде средних величин со стандартными отклонениями;
- обязательно использовать возможности безаппаратурной (визуальной, органолептической) регистрации эффектов воздействия;
- при опубликовании или обсуждении результатов следовать принципу возможно большего извлечения информации из первичных результатов анализов, фото- и видеосъемки, интервьюирования;
- при получении сенсационных результатов до их опубликования обращаться за консультацией к специалистам, к другим организациям, имеющим большой опыт работы;
- вести архив результатов исследований, выносить свои находки и проблемы на широкое обсуждение с коллегами.

Каждая организация работает со "своими" источниками воздействия, в своей географической зоне, в своем специфическом водосборе и в конкретных условиях контакта (или противостояния) с государственными службами. Тем не менее, мы берем на себя смелость утверждать, что все общественные организации, занятые экологическим мониторингом, могут извлекать пользу из обсуждения полученных результатов с коллегами.

Рациональное распределение усилий, эффективное использование ресурсов требуют создания сети неправительственного экологического мониторинга, даже при условии использования разной аппаратуры и специфических приемов исследования. Корректная интерпретация результатов каждой организации необходима всему движению для усиления позиций и создания **информационной системы общественного экологического мониторинга**, в которой принятие решений будет играть главенствующую роль.

Представление и использование результатов

Вопросы, связанные с представлением и использованием экспериментальных результатов, рассматриваются здесь лишь в контексте возможностей общественного экологического мониторинга.

Итак, долгожданные результаты получены и интерпретированы самым тщательным образом. Наступило время представить их на суд самой широкой аудитории – местных органов охраны окружающей среды, специалистов-экологов, пользующихся авторитетом в вашем регионе, общественности. От того, как вы это сделаете, решающим образом зависит судьба ваших результатов – будут ли они признаны специалистами и использованы в принятии решений административными органами – или будут оставлены без внимания, послужив лишь основой для очередной газетной статьи.

В этом разделе мы постараемся проанализировать возможные способы представления и использования данных общественного экологического мониторинга, обсудить основные закономерности, которые позволят наиболее эффективно использовать ваши результаты, сделать их реальным инструментом, влияющим на формирование региональной экологической политики.

Способы представления данных, так же как и возможности их использования, зависят в первую очередь от аудитории, на которую вы работаете. Поэтому, прежде всего, необходимо четко определить круг лиц, которых вы надеетесь заинтересовать результатами вашей работы. Как правило, общественные организации, работающие в области экологического мониторинга, адресуют свои результаты лицам, принимающим решения, специалистам в области охраны природы и широким слоям общественности. Эта обширная аудитория состоит из групп различной степени подготовленности, различного уровня информированности, с различной готовностью воспринять ваши результаты – от узких специалистов в конкретных областях охраны природы до лиц, принимающих решения, от академических ученых, занимающихся глобальными проблемами, до домохозяек, проявляющих интерес к состоянию окружающей среды в своем районе.

По нашему мнению, обращаясь к широкой и разнообразной аудитории, не следует экономить ресурсы на представлении результатов. Такая "экономия" на практике оборачивается малой эффективностью использования данных, полученных вами ценой значительных усилий. Следует готовить информационные материалы нескольких уровней сложности и детализации, адресованных различным типам аудитории. Опыт показывает, что для того, чтобы вашу информацию восприняли все заинтересованные лица и те круги, которым она адресована, обычно необходимо подготовить материалы трех-четырех уровней.

Научно-технический отчет

Наиболее полная и подробная информация, естественно, должна содержаться в научно-техническом отчете. Цель отчета – полностью изложить весь процесс исследования, документировать все детали, полностью отразить ваши рассуждения, интерпретацию результатов, выводы и рекомендации. Научно-технический отчет обычно ориентирован на довольно узкий круг специалистов. Этот документ должен быть написан в сухом, неэмоциональном стиле. Следует, однако, иметь в виду, что в настоящее время существует тенденция к упрощению языка научно-технических

работ. Отчет, написанный тяжелым языком, перегруженный специальными терминами, не всегда свидетельствует о сложности тематики. Часто это – признак неумения автора ясно излагать материал.

Хорошо написанный отчет об исследованиях, проведенных в области окружающей среды, обычно имеет аннотацию, в которой излагаются основные результаты проведенных работ, выводы и рекомендации. Естественно, загруженность этого раздела специфической терминологией существенно ниже, чем всего отчета в целом. Эта аннотация может послужить основой для информационных материалов, предназначенных для более широкого круга заинтересованных лиц.

Прочитанная недавно в предварительном варианте одного из Государственных докладов и изумившая авторов фраза "контаминация поллютантами" означала не что иное, как "загрязнение вредными веществами".

Оформление результатов в виде строгого отчета – первый этап представления результатов, опускать который нельзя. Несмотря на очевидность этого правила, нередко общественные организации просто "забывают" представить полученные данные в виде отчета. В лучшем случае, на свет появляются разрозненные протоколы отдельных исследований. Иногда оформление результатов ограничивается записями в лабораторных журналах (причем в черновом варианте). Такой подход недопустим. Ваш отчет – это *основной документ*, которым вы можете оперировать.

От его качества решающим образом зависит возможность использования ваших результатов. Даже если вашей единственной целью является публикация результатов в местной газете, нельзя выносить на суд общественности результаты, не имеющие строго документального подтверждения. Использование отдельных протоколов допустимо, если вы проводите разовые измерения, не претендуя на организацию продолжительной программы мониторинга. Причем даже в этом случае, помимо собственно протокола измерения, необходимо дать трактовку ваших результатов, предложить выводы и рекомендации. Если же вы проводите регулярные экологические исследования по программе общественного экологического мониторинга, вам необходимо регулярно оформлять ваши результаты в виде отчетов.

Формат научного отчета хорошо известен любому исследователю. Тем не менее, неоднократно случалось, что даже сильные и хорошо известные научные коллективы пренебрегали обязательными требованиями и представляли неаккуратно оформленные и плохо структурированные материалы. Использование таких материалов в качестве основы принятия решений оказывалось весьма затруднительным. Поэтому мы рискуем повторить хорошо известные истины и дать несколько советов по оформлению научно-технического отчета.

Прежде всего, грамотно составленный отчет должен отражать **все** этапы работы.

Отчет всегда начинается с формулировки **цели и задач** работы. Помните, что для читателя отчета ваша цель останется загадкой, если не изложить ее в явном виде. Четкие формулировки принесут пользу и вашей группе: многие работы по общественному экологическому мониторингу, к сожалению, отличаются отсутствием общей стратегии. Их качество могло бы серьезно повыситься, если бы группа в начале исследования задумалась о цели работы и постаралась поставить ее как можно более определенно (подробнее см. раздел "Цели и задачи" в этой главе). Другими словами, эта часть отчета должна отражать результаты предварительной работы, проделанной на стадии разработки программы мониторинга (см. выше "Выработка программы мониторинга").

Затем должен следовать **обзор доступных данных и анализ ситуации**. Маловероятно, чтобы проблема, которую вы собираетесь поднять, никогда и никем не была исследована. Даже если вы поднимаете новую для региона проблему, постарайтесь найти аналоги в отечественной и мировой практике. Разумеется, изучая состояние окружающей среды вблизи хозяйственных объектов, следует провести как можно более полный анализ воздействий, возможных в этой ситуации.

В отчете обязательно должны быть описаны **использованные методики** (или дана ссылка на доступный литературный источник, содержащий их описание). Без этой информации оценить ваши результаты практически невозможно. Если в работе необходимы лабораторные исследования, которые вы не можете выполнить самостоятельно, и приходится обращаться в исследовательские лаборатории, обратите особое внимание на строгость оформления результатов, полученных по вашему заказу. Помните, что за работу в целом несет ответственность ваша организация. Ссылка на авторитет лаборатории, представившей некорректно оформленные результаты, будет звучать неубедительно и не будет содействовать достижению конечной цели – эффективному использованию вашей информации в формировании территориальной экологической политики.

Отчет должен содержать весь **фактический материал** (включая протоколы отбора проб и лабораторных испытаний). Для того, чтобы отчет был более "читабельным", лучше вынести первичную документацию в приложения, а в основной части представить результаты в виде сводных таблиц, более удобных для интерпретации. Подробная **интерпретация** результатов – также необходимая составляющая научного отчета. Правила, которые следует соблюдать на этой стадии, описаны в предыдущем разделе. И, наконец, особое внимание следует уделить разделу "**Выводы и рекомендации**". В современной практике подготовки отчетов этот раздел считается особенно важным и иногда составляет до трети объема всего отчета. К сожалению, в России в настоящее время выработке рекомендаций уделяется недостаточное внимание. Нередко научные коллективы, ведущие исследовательские работы, ограничиваются констатацией проблем. В лучшем случае, в отчете присутствует раздел "Выводы". В этом разделе в сжатом виде излагаются результаты работы, дается общая оценка ситуации. Однако для того, чтобы ваши результаты использовались с возможно большей эффективностью и действительно оказали влияние на формирование региональной или территориальной экологической политики, необходимо предложить рекомендации по улучшению ситуации. Это значительно снижает риск оказаться в положении людей, критикующих и не предлагающих конструктивного выхода.

Информационные материалы для широкой аудитории

Но вот научный отчет написан. Что делать дальше? Типичная ошибка, которую делают многие общественные организации, заключается в том, что они стараются использовать этот отчет во всех случаях, вводя в текст лишь минимальные разъяснения, да и то не всегда. В результате в газетных статьях появляются длинные столбцы цифр, с большим трудом воспринимаемые читателями, а в кабинетах государственных учреждений – толстые отчеты, которые никогда не будут прочитаны адресатом. Описанная ситуация, несмотря на очевидную нелепость, на самом деле вполне реальна и достаточно типична. Еще более типичны случаи, когда даже хорошо сделанная работа, с надежными результатами и разумными выводами, попадая в средства массовой информации, полностью теряет свои достоинства, превращаясь в

набор случайных, иногда сенсационных, фактов и цифр, потерявших достоверность вследствие хаотичной подборки и некорректной интерпретации.

Приступая к подготовке информационных материалов для более широкой аудитории, (например, лиц, принимающих решения, и общественности), не следует ограничивать свою работу простым дублированием аннотации, содержащейся в отчете. Для того, чтобы ваши информационные материалы пользовались успехом, следует подготовить специальный ("аннотационный") отчет, полностью отражающий все ключевые моменты исследования. В его основу может быть положена аннотация научно-технического отчета, расширенная и дополненная необходимой информацией из других его частей. Из этого отчета могут уйти технические детали и специальные термины, может (и должен) измениться и стиль изложения. Однако ни в коем случае не должна исчезнуть существенная информация, необходимая для подготовки и принятия решений. Так, выводы исследования должны быть воспроизведены полностью. Все существенные детали также должны найти отражение в аннотационном отчете (хотя бы в виде упоминания). Фактический материал лучше привести полностью – в виде сводных таблиц. Если эти таблицы слишком громоздки, можно ограничиться указанием характерных параметров (не только средних, но и экстремальных).

Хорошо, если вы найдете возможность подготовить информационные материалы, учитывающие специфику каждой из заинтересованных групп. Эти материалы могут отличаться не только способом подачи, но частично и содержанием. Другими словами, информация должна быть адресной. Так, например, апеллируя к общественности, вы можете (и должны) предложить рекомендации, несколько отличные от тех, которые вы предлагаете для лиц, принимающих решения. Такая дифференциация оправдана и, с нашей точки зрения, необходима, поскольку способы действий и реальные рычаги влияния на ситуацию у этих групп интересов существенным образом различаются. При этом не следует ориентироваться исключительно на возможности государственных административных структур и недооценивать возможности общественности (в особенности организованной). Административные и политические решения, принимаемые ответственными лицами, имеют существенные, но ограниченные рычаги влияния на состояние окружающей среды. Возможности, которыми располагают население и общественные организации, – совершенно иные и подчас совсем не меньшие.

В рамках опроса представителей государственных контролирующих органов и неправительственных организаций стран Аральского региона был задан вопрос о том, в какой степени решения, принимаемые на различных уровнях, определяют качество питьевой воды. Значительное большинство участников опроса предположили, что наиболее значимы решения, принимаемые на международном и национальном уровнях; региональный и местный уровни играют меньшую роль. Индивидуальные же решения вообще не принимались во внимание большинством респондентов. В то же время результаты исследований, проведенных ЮНИСЕФ в развивающихся странах, свидетельствуют о том, что в наибольшей степени на качество питьевой воды у потребителя влияют решения, принимаемые на индивидуальном уровне.

Может показаться несколько неожиданным, что подобные соображения актуальны и для некоторых регионов России. Так, многие подземные горизонты, используемые для водоснабжения, характеризуются повышенным содержанием фтора, что может сказаться на состоянии здоровья. Наиболее подвержены заболеванию флюорозом дети (на эмали зубов появляются типичные темные полосы

и пятнышки). Информация, необходимая для принятия решения на индивидуальном уровне, в данном случае состоит в том, что на основании проведенных химических исследований жителям можно порекомендовать отказаться от использования фторированной зубной пасты. Кроме того, полезно отстаивать воду, предназначенную для приготовления пищи для детей, в емкостях, на дно которых помещен слой мела (или фильтровать через сито с насыпанной в него меловой крошкой).

Речь здесь идет не только о влиянии на органы власти или организации коллективных мероприятий, но и о поведении в быту. Не следует забывать, что решения, от которых зависит качество окружающей среды, и особенно характер ее влияния на здоровье населения, принимаются на различных уровнях – от международного до индивидуального. При этом решения, принимаемые на индивидуальном уровне, могут быть весьма простыми, например, из какого источника брать воду, как ее хранить, как готовить к употреблению. Но для принятия правильных решений граждане должны располагать необходимой и достаточной информацией.

Наконец, еще один уровень информации предназначен для людей, интересующихся проблемами экологии, но не имеющих времени или достаточных навыков для детального изучения пространственных документов. Для такой аудитории предназначены короткие информационные материалы: газетные статьи, листовки, популярные буклеты. Специфика этих материалов не дает возможности углубляться в детали.

Для оценки качества представления информации на этом уровне можно предложить следующие основные критерии:

- доступность изложения,
- достоверность и полнота выводов,
- адекватность рекомендаций.

Авторы с сожалением вынуждены констатировать, что в этой части информационной работы имеются колоссальные пробелы. Средства массовой информации, в том числе и официальные, очень часто предоставляют некачественную, недостоверную информацию.

Характерная ошибка, которую часто делают как официальные органы, так и общественные организации, представляя данные в виде "публикаций для общественности" – некорректные сравнения с нормативами. Абсолютно типичной для любой газетной публикации (в том числе и официальной) является подача фактического материала в виде отношения фактических величин концентраций к предельно допустимым (ПДК). При этом авторы никогда не встречали в таких публикациях ссылок на то, с какими именно ПДК сравниваются фактические величины. Такие данные не поддаются трактовке, и подача таких цифр в виде "информации для общественности" – одна из наиболее частых и серьезных ошибок. Известно, что даже для селитебных зон ПДК максимально-разовые могут превышать ПДК среднесуточные в несколько раз. Поэтому в зависимости от того, с какими именно нормативами сравнивались фактические величины, может изменяться не только интерпретация данных, но и рекомендации, которые необходимо предложить.

После пожара на одном из крупных предприятий в городе М. во всех комментариях в прессе сообщалось о том, что ситуация не представляла опасности,

поскольку концентрации оксидов азота и оксида углерода не превышали нескольких ПДК (по данным на разные моменты времени – от 1,5 до 5). Поскольку состояние атмосферного воздуха в крупных городах практически никогда не соответствует гигиеническим нормативам, подобные отклонения трактовались как вполне допустимые. Естественно, ни в одной газете не указывалось, с какими именно ПДК проводилось сравнение.

Только тщательный анализ ситуации, включавший серию бесед с официальными лицами, позволил установить, что речь шла о сравнении с максимально-разовыми предельно допустимыми концентрациями (рассчитанными на воздействие в течение 20 минут). Рекомендации же, следовавшие за приведенными данными, адресовались жителям кварталов, подвергавшихся воздействию вредных веществ в концентрациях порядка 1.5-5 ПДК_{мр} в течение нескольких дней.

Естественно, такую подачу "информации для общественности" нельзя назвать корректной. В частности, рекомендации населению должны были носить несколько более жесткий характер, в особенности в отношении групп риска (детей, беременных женщин, людей, страдающих аллергическими заболеваниями и др). Низкое качество информации может проявляться как в ее недостоверности, так и в неполноте. Последнее особенно типично для официальной информации. Нередко, опасаясь паники населения, поставленного в критические ситуации, государственные структуры стремятся ограничить фактическую, в первую очередь численную информацию, довольствуясь частичной подачей официальной интерпретации. Предполагается, что гражданам достаточно знать только оценку ситуации на уровне "опасно-неопасно". Мы полагаем, что такой подход в современных условиях неэффективен. Дело в том, что современное общество в России отличается весьма высоким образовательным цензом. Практически в любом населенном пункте находятся люди, для которых подобных сведений будет недостаточно. Именно эти люди попытаются получить недостающие факты и цифры самостоятельно, путем собственных исследований, или прибегая к независимым консультациям. Легко допустить, что при недостаточной подготовленности этой группы такие "расследования" могут привести к фантастическим результатам. Тем не менее, для местных жителей эта "своя информация" может показаться более правильной в силу традиционного недоверия к официальным сведениям.

В первые дни после радиационной аварии на химическом комбинате С. все средства массовой информации передавали официальные данные успокаивающего содержания. Сообщалось о том, что радиационная ситуация в зоне радиоактивного загрязнения не представляла опасности для населения, гамма-фон на оси следа составлял 35-70 мкР/час, выбросов радиоактивного йода не было, и принимать йодистые препараты не следовало.

Эту информацию нельзя было назвать ложной, в фактической части она была недалеко от действительности, однако ей не хватало полноты. Местность была тотально загрязнена бета-излучающими радионуклидами, о чем власти не поставили население в известность, видимо, опасаясь паники.

Местные жители, имея определенные основания не доверять официальной информации, пытались самостоятельно проверить ее правдивость. Имевшие бытовые дозиметры граждане самостоятельно проводили измерения. Как известно, подобные дозиметры, имеющие слабое экранирование, в условиях загрязнения искусственными радионуклидами способны значительно завышать показания, измеряя мощность

гамма-излучения вместе с жестким бета-излучением. В результате уровень гамма-фона, измеренного жителями, существенно (в десять и более раз) превышал реальный уровень, объявленный официально. Естественно, что часть населения отреагировала на такую ситуацию крайне негативно: люди полностью потеряли доверие к официальным источникам информации и перестали следовать инструкциям штаба гражданской обороны. Некоторые начали усиленно принимать йодистые препараты. Были зарегистрированы случаи отравления йодом.

Какой вывод следует из сказанного? Следует ли ограничивать такую "местную инициативу"? Путь ограничений представляется официальным структурам более простым и удобным. Однако эффективность такого подхода невелика. Реально ограничить распространение информации, наложить на нее запрет практически невозможно. Образующийся вакуум будет заполнен в любом случае, но распространяемая информация при этом может оказаться недостоверной.

Другими словами, частичная, неполная информация, распространяемая по официальным каналам, гораздо чаще способствует нагнетанию социальной напряженности, чем ее смягчению. Вопреки распространенному мнению официальных структур, неадекватные поведенческие реакции населения возникают тогда, когда существует недостаток фактической информации (реальных данных), а не тогда, когда их слишком много.

В целом предложенный подход многоуровневой подачи информации, собранной с использованием методов общественного мониторинга, можно проиллюстрировать на конкретном примере.

Возникает вполне резонный вопрос: если информационные материалы, ориентированные на различную аудиторию, могут существенным образом отличаться, есть ли гарантия идентичности содержащихся в них сведений? Может ли население быть уверено, что листовки и пресс-релизы, специально подготовленные для неспециалистов, адекватно отражают содержание научно-технического отчета? Мы полагаем, что единственной гарантией идентичности материалов служит открытость всей информации о состоянии окружающей среды. Общественность, так же как и другие группы интересов, должна иметь возможность ознакомиться с документами всех уровней. Как уже отмечалось, стремление оградить себя от вмешательства "некомпетентной общественности", попытки не давать ознакомиться с информацией, содержащейся в научно-технических отчетах, как правило, неэффективны. В то же время сама возможность ознакомиться со всей имеющейся информацией создает атмосферу взаимного доверия. Воспользоваться же материалами научно-технического отчета людям, действительно некомпетентным, в реальной жизни совсем не просто: для того, чтобы освоить содержащуюся в отчете информацию и сделать выводы, нужна определенная квалификация. Так что возможности злоупотребления доверием в данном случае сильно преувеличены. Только политика открытости способствует снижению социальной напряженности.

Завод К., расположенный в городе В., – предприятие, использующее для производства щелочей устаревшую технологию с использованием металлической ртути и служащее постоянным источником ртутного загрязнения окружающей среды. Естественно, это предприятие является также и объектом серьезного социального напряжения, давно перешедшего в фазу острого конфликта. Для поиска социально и экологически приемлемых путей его решения силами общественных организаций были организованы общественные слушания. К слушаниям силами группы

общественных организаций была проанализирована доступная официальная информация и получены дополнительные данные.

Результаты этой работы были представлены в виде информационных материалов четырех уровней, а именно:

- листовки-воззвания (с незначительной долей фактического материала), имеющие целью привлечение интереса жителей района, в котором расположено предприятие, к участию в обсуждении проблемы;

- краткое резюме (по типу пресс-релиза), содержащее некоторый цифровой материал, основные выводы, и также призванное заинтересовать студентов, старшеклассников, преподавателей техникума в участии в разговоре, имеющем непосредственное отношение к месту их жительства и, возможно, к будущей профессии;

- брошюра, содержащая все разделы, отражающие ранее поставленные задачи заключительного этапа проекта (с полным фактическим материалом и анализом всей информации, доступной в местных и центральных источниках), для использования общественными организациями, занимающимися проблемами ограничения промышленного воздействия на природные комплексы и на состояние здоровья населения, а также собственно вопросами загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами;

- брошюра, дополненная протоколами отбора, подготовки, анализа проб, первичным обсуждением результатов и изложением проблем экологических исследований, для дискуссии с официальными лицами и для использования подготовленными общественными организациями.

В результате обсуждений, в которых участвовали представители предприятия, государственных контролирующих органов и общественности, был составлен план совместных действий, направленный на снижение загрязнений. В этом плане были распределены обязанности между всеми участниками диалога.

Как было сказано выше, основная задача общественного экологического мониторинга заключается в создании альтернативных информационных каналов. Именно наличие такого канала может оказаться тем фактором, который заставит все стороны, располагающие информацией о состоянии окружающей среды, соблюдать правила честной и открытой игры. Естественно, такое возможно только в том случае, если ваш проект по общественному экологическому мониторингу привел к получению достоверной информации.

ПАРТНЕРЫ, СОЮЗНИКИ, ОППОНЕНТЫ

Как организовать сеть

*Целое неизмеримо больше
суммы его частей.*

Аристотель. "Категории"

Естественной потребностью группы, работающей в области экологического мониторинга, является общение с коллегами, занятыми аналогичной деятельностью. Многие группы чрезвычайно заинтересованы в работе в сети. При этом принципы организации сети локального уровня достаточно очевидны: близкие по сути проблемы, решаемые сходными методами, дают хорошие основания для тесного взаимодействия. Если эти предпосылки подкрепить регулярным общением (обмен

информацией и опытом, совместные действия, конференции, слеты и т.п.), то вы получите хорошо организованную сеть экологического мониторинга.

Теперь представим себе, что вы ставите задачу объединить в сеть группы, работающие в различных регионах. Значительная удаленность и привязанность к местным проблемам придают большую автономность участникам сети, приводят к разобщенности, могут сделать работу сети неэффективной.

Как найти союзников

Население: как преодолеть безразличие?

Человеку свойственно стремиться к спокойной, обеспеченной и здоровой жизни. За последние годы люди устали от социальных потрясений, экономических проблем, потока пугающей информации в прессе.

Успех взаимодействия с населением обеспечивается прежде всего наличием ясной, социально ориентированной цели. Найдите именно ту струнку, которая затронет интересы группы людей, с которой вы работаете. Это не всегда просто, особенно в нашей, перегруженной стрессовыми ситуациями жизни.

Улучшение состояния здоровья населения является декларированной целью большинства предвыборных кампаний. В быту люди также часто и много говорят о здоровье. Однако, по существу, оно не является социальной ценностью. Более того, об индивидуальной ценности здоровья (вашего собственного здоровья!) можно говорить лишь условно – люди часто просто не обращают внимания на разные "мелочи", продолжая пить воду, непригодную для питья, или купаясь в водоемах, у которых установлены предупреждающие надписи. Но вот здоровье детей – это та струнка, которая затронет душу любой матери. Поэтому деятельность, направленная на оценку условий развития и охрану здоровья детей, как правило, вызывает активную поддержку местного населения.

Часто процесс проведения мониторинга привлекает внимание населения, особенно если используются эффектно оформленные приборы. Возьмите на себя труд внимательно ответить на вопросы жителей, наблюдающих за вашей работой. Возможно, что люди, которые к вам обратились, станут вашими союзниками в дальнейшем.

Наиболее подвижной группой населения являются дети. Постарайтесь найти союзников среди них. Для этого могут с успехом быть использованы детские организации. Особенно эффективно можно использовать детей в распространении информации. Однако в ряде случаев помощь детей может оказаться незаменимой и на других стадиях - например, в сборе информации.

В озере, расположенном в зоне интенсивного земледелия, окрестные жители старались не купаться, опасаясь возникновения кожных заболеваний. Рядом с озером расположены две маленьких деревни. Вся документация прошлых лет, как и современная, находится в областном центре и малодоступна для местных жителей. И именно дети, опросив своих родственников и соседей, смогли помочь получить необходимую информацию о том, когда и какие удобрения использовались в колхозе, где их хранили 10-15 лет назад и каковы были нормы внесения, в какие овраги сваливали за ненадобностью агрохимикаты. Деятельность детей вызвала сначала заинтересованность, а затем и озабоченность взрослого населения деревень.

Государственные службы: как их убедить?

Взаимоотношения общественных и государственных организаций – один из ключевых моментов общественного экологического мониторинга.

Существуют два мифа, которые значительно затрудняют сотрудничество общественных организаций с государственными службами:

1. Общественные организации состоят из непрофессионалов, известных своей скандальностью.
2. Государственные службы не заинтересованы в улучшении существующей ситуации, они не берегут природу и наше здоровье.

Есть только один способ преодоления такого "мифологического" мышления: нужно кропотливо трудиться над созданием атмосферы взаимного доверия. Это непросто, нужны постоянные усилия, ежедневная и тщательная работа. Единых рецептов на все случаи не бывает, и все же постарайтесь соблюдать "правила игры": не начинайте с угроз судом, не объединяйтесь "против", постарайтесь найти союзников, сделайте что-нибудь результативное, чтобы вас уважали, работайте со специалистами разного уровня, предложите совместную деятельность, не требующую от государственных служб серьезных затрат.

Общественная организация Сети неправительственного мониторинга, располагающая аттестованным оборудованием для химического анализа состава воды, предложила районному комитету по экологии обращаться к ней для оперативных измерений концентраций загрязняющих веществ, характерных для местных водотоков. Районный комитет, не имея собственной лаборатории, принял это предложение. В свою очередь, комитет предоставил и продолжает предоставлять по сей день сведения о соблюдении научно-технических нормативов (ПДС) предприятиями района.

Предприятие-загрязнитель: возможен ли компромисс?

Позволим себе еще раз напомнить, что экологический мониторинг имеет целью получение необходимой для сокращения антропогенного воздействия информации о состоянии окружающей среды и факторах, определяющих это состояние. Такая постановка цели обуславливает необходимость установления рабочих взаимоотношений с представителями основных загрязнителей – хозяйственных объектов (будь то заводы, сельскохозяйственные или муниципальные предприятия).

Если же исходить из соображений **злонамеренности** руководителей и сотрудников хозяйственных объектов (то есть считать, что они с умыслом делают зло, сознательно, намеренно наносят вред), то общественным организациям придется заняться **злоискательством** (поисками зла, в том числе там, где его нет). Старинные русские слова, истолкованные по В.И. Далю, описывают тактику некоторых групп, использующих приемы экологического мониторинга для преследования руководства предприятий-загрязнителей. Безусловно, есть случаи, когда конфликт, обращение в суд, пикеты хозяйственных объектов совершенно необходимы. Но подходить к такой стадии, минуя период мирного развития отношений, не следует.

Тактика мирного сосуществования предполагает изучение характера деятельности объекта и посильное участие в мерах, направленных на уменьшение его воздействия на окружающую среду.

Вкратце рекомендации для организаций могут быть сформулированы следующим образом.

1. Получите максимум информации, не обращаясь к администрации предприятия. Существуют литературные сведения, описывающие закономерности технологических процессов, характерные источники и уровни загрязнения окружающей среды различными отраслями промышленности.

2. Больше взаимодействуйте с государственными контролирующими службами и природоохранительными организациями. Как уже отмечено, общественный экологический контроль является неотъемлемым элементом системы экологического контроля в Российской Федерации (статья 72 Федерального Закона "Об охране окружающей природной среды"). Для принятия контрольных мер совершенно необходима адекватная информация о контролируемых объектах, получением которой и заняты организации, посвятившие свою деятельность мониторингу источников воздействия. В Конституции Российской Федерации закреплена обязанность граждан охранять природу и окружающую среду (Статья 67); там же содержится положение о том, что государство поощряет деятельность, способствующую экологическому благополучию (Статья 55). Государственные природоохранительные организации на местах, в свою очередь, нуждаются в поддержке общественности; они с готовностью воспринимают результаты качественно выполненных работ и предоставляют сведения, необходимые для продолжения общественного мониторинга.

Во время семинара в крае К. представители краевого комитета по экологии не раз высказывали сомнения в подготовленности общественных организаций к действиям, совместным с государственными структурами. В ходе детального обсуждения одной из актуальных проблем – проекта строительства завода по переработке ртутных ламп – общественные эксперты ознакомили сотрудников краевого комитета с материалами выполненного ранее обзора экотоксикологических свойств этого тяжелого металла, рассказали о практике переработки ламп в других регионах России и выдвинули предложения по организации просветительской кампании в СМИ края. В настоящее время общественная организация и краевой комитет планируют совместное проведение общественных слушаний, посвященных проблеме переработки ртутных ламп.

3. Избегайте враждебных высказываний. Помните, что на объекте работают профессионалы, и они – не обязательно ваши враги. Среди сотрудников этого предприятия могут оказаться молчаливые (а иногда – не только молчаливые) союзники. В конце концов, дети главного технолога живут если не в том же районе, то в городе, где расположено предприятие, купаются в реке, в которую поступают сточные воды, и дышат воздухом промышленного центра. Действуйте с позиций информирования и просвещения, взывайте к сознанию и доброй воле. Если сложно установить благоприятные отношения с объектом ваших исследований, не забудьте учесть, что вашими экспертами могут стать профессионалы с другого предприятия, знакомые с аналогичными технологическими процессами (см. врезку).

При подготовке к общественным слушаниям в городе Р. общественные организации выполнили обзор научно-технической литературы и оценили ожидаемые

уровни потерь хрома, использовавшегося при производстве продукции. Были приняты во внимание как отечественные нормативные материалы, так и стандарты Нидерландов и Японии для электрохимических предприятий. Составленный отчет был предложен вниманию руководителей и сотрудников предприятия. Главный инженер завода построил свой доклад на сравнении современной деятельности вверенного ему производства с типичной для прошлых лет практикой и с зарубежными требованиями. В докладе открыто обсуждалась величины нагрузок по приоритетным загрязняющим веществам (прежде всего, по хрому) и их динамика. Одним из результатов слушаний стало то, что руководство предприятия предложило общественной организации готовить и выпускать брошюры и информационные листки для сотрудников завода и местного населения (за счет самого предприятия).

4. **В своих требованиях исходите из реальной ситуации**, старайтесь найти компромисс. **Невыполнимые требования раздражают**, не способствуя поиску реального выхода. Требовать немедленного закрытия предприятия можно, но необходимо учитывать, что объект непросто законсервировать. Неработающий химический завод вполне может превратиться в принципиально неконтролируемый комплексный источник воздействия на окружающую среду, в зону, мониторинг которой будет под силу разве что сталкерам. Кроме того, работающее предприятие служит не только источником загрязнения, но и работодателем для местного населения. Выдвигая требования, предлагайте возможные пути решения и обязательно обозначайте и обсуждайте меру своего участия.

5. **Учитывайте опыт коллег.** Обсуждение опыта других организаций, учет ошибок и достижений коллег позволяют избежать непроизводительных затрат времени и сил, как в области взаимоотношений с предприятием-загрязнителем, так и в любой другой области. Разумнее всего работать в тесной взаимосвязи с группами, занятыми общественным экологическим мониторингом, особенно с теми из них, кто уже накопил некоторый опыт. Подробнее проблемы создания сетей мониторинга были рассмотрены в первом разделе этой главы.

3.6 Модельные проекты

Качество воды в вашей реке

*Внизу под обрывом величественно неслышно
в своих хрустальных струях ядовито-
оранжевые сточные воды прохладная Китежа.
Бр. Стругацкие. "Сказка о тройке".*

Итак, вы живете в чудесном, древнем Китежграде или в юном ТехноТронске. Город утопает в зелени, он полон старинных построек (новых монстров), жизнь в нем размеренна и прекрасна. Если спросить у жителей, большинство из них среди других достопримечательностей этого дивного места назовет реку Китежу, хоть и не большую, но величавую. Дети со всего города сбегаются к реке, да и сами взрослые не прочь в ней искупаться в жаркий день или порыбачить. Однако в последнее время жители города стали замечать странные превращения воды Китежи, прозрачной до этого времени. Необычный запах, иногда даже появление неожиданного цвета и избыточной мутности воды насторожило и вас. И вы понимаете, что пришло время проводить систематические наблюдения.

Цель проекта – привлечение внимания общественности к состоянию реки Китежи и принятие срочных мер по предотвращению ее загрязнения.

Задачи и этапы выполнения проекта:

- объявить о начале проекта "Мониторинг и контроль качества воды в реке Китеже";
- организовать встречи и консультации для наиболее активных союзников (врачей, учителей, школьников, пенсионеров, желающих принять посильное участие в проекте);
- с участием группы активистов идентифицировать, картировать и описать наиболее опасные источники воздействия, определяющие качество воды в реке;
- обобщить информацию о составе сбросов, поступающих в реку, и о качестве речной воды, и сформировать программу мониторинга;
- задействовав оборудование школьного химического кружка и используя приемы биомониторинга, организовать регулярные наблюдения за качеством воды в реке;
- включить в школьные курсы химии, биологии и географии практические занятия по мониторингу реки Китежи;
- подготовить и опубликовать серию статей о реке Китеже в местной газете, а также распространить среди местных жителей листовки о качестве воды и об источниках воздействия;
- организовать серию встреч с руководителями и сотрудниками предприятий-загрязнителей;
- провести субботники по расчистке русла реки от мусора и по посадке защитной полосы кустарников и деревьев;
- провести общественные слушания по итогам первого этапа долгосрочной программы, распределив обязанности и ответственность в системе мониторинга и контроля качества воды.

Практические рекомендации по выполнению задач проекта

Соберите общую **информацию о реке** – ее истоке (вытекает ли она из озера, болота или ее питает ключ), имеющихся притоках и местах их впадения в Китежу. Стоит определить ширину и глубину речки, скорость течения, чтобы оценить примерный расход воды в реке (это может потребоваться для оценки вкладов различных сбросных потоков). Полезно получить сведения о характере берегов (пологие или крутые) и водосборе реки в целом (доли территории, занятые лесом, болотами, пашнями, поселками, заводами). Это важные факторы формирования состава воды, учет которых поможет при определении индикаторных параметров загрязнения. Например, в реке с заболоченным бассейном повышен природный уровень содержания органических веществ по величине ХПК (химического поглощения кислорода), а также железа, меди и марганца, а кислородный режим в целом неудовлетворительный. Помните, что необходимо знать природный состав воды в реке (найти ссылки в литературе или определить в верховьях, используя доступные методы анализа).

Далее следует выявить все имеющиеся **возможные источники загрязнения** реки – организованные (канализационные трубы, мелиоративные каналы) и

неорганизованные (поверхностный сток с промплощадки предприятия, с полей и т.п.).

При оценке воздействия *сельскохозяйственных предприятий* необходимо определить места впадения стоков с животноводческих ферм, мелиоративных каналов, через какие поля они проходят, какие удобрения и ядохимикаты применяют на них, их водность в различные фазы гидрологического режима (половодье, летняя межень, паводки), наличие лесозащитной полосы. Необходимо определить наличие навозохранилищ и компостных ям, как далеко они расположены от реки, их состояние, оборудованы ли они в соответствии с санитарными требованиями. Отметьте, есть ли выпас скота на берегу, где расположен участок прогона через реку.

Схематическое **картирование источников воздействия** (составление карты или масштабированной схемы расположения объектов предполагаемого воздействия) позволяет облегчить выбор параметров для включения в программу наблюдений и первоочередных створов мониторинга. Возможно нанести на карту существующие посты наблюдений различных ведомств. Карта должна быть составлена так, чтобы с ней было удобно работать, иметь хорошо составленную легенду, объясняющую все использованные знаки, цифры и цветовые поля. Фотоиллюстрации можно использовать при обсуждении собранной информации с руководителями предприятий и с местными жителями. Полученная карта – документ, ее можно публиковать, выносить на обсуждение, объявлять конкурс на лучшую фотографию источника воздействия.

Зная источники воздействия, можно **оценить характер предполагаемого воздействия**. Если установлено основное предприятие-загрязнитель, полезно ознакомиться с технологическим процессом и имеющейся на предприятии документацией, содержащей информацию о составе и количестве сбрасываемых вод, наличии и эффективности работы очистных сооружений (экологический паспорт, том ПДС). Это возможно при наличии экологической прозрачности и открытости предприятия или при хороших контактах с местными комитетом по экологии (не забудьте уведомить комитет о начале акции и приглашайте "водников" из Комэкологии и СЭС на свои встречи, документируя ход дискуссии).

В неблагоприятных условиях все же можно, зная общее направление деятельности предприятия (какую продукцию оно выпускает), изучить, используя имеющуюся в библиотеках литературу, какие именно загрязняющие вещества могут поступать в реку со сточными водами. Это позволит в дальнейшем резко сократить объемы работ, сделать полученные результаты более информативными, выбирая лишь некоторые индикаторные параметры загрязнения (состояния). Например, иногда может быть достаточно измерять лишь электропроводность и водородный показатель воды в реке после имеющегося сброса предприятия (в гальваническом производстве технологические растворы электролитов имеют высокие концентрации проводящих ток веществ, артезианские воды имеют большую минерализацию, чем река).

Результатом предыдущих этапов должно стать **определение перечня параметров для включения в программу наблюдений**. Тщательный анализ доступной информации позволит исключить выполнение химических анализов, если

заведомо известно, что данный параметр не относится к числу приоритетных для исследуемого случая. Полезно ориентироваться на первоочередное установление таких характеристик, как рН, электропроводность (минерализация), цветность, мутность, запах, не требующих значительных затрат времени и реактивов.

Допустим, основное предприятие, сбрасывающее воды в Китежу, – молочный завод (хотя в экологическом паспорте указано, что сброс идет на очистные сооружения). На первом этапе работ в программу мониторинга можно включить такие характеристики (сброса, а также воды в контрольном створе), как запах (молочно-кислый, может быть и гнилостным), мутность (повышенная), цветность (меньшая, чем у природной воды и другой оттенок), минерализация (повышенная), окисляемость (следует определять в сточных водах для оценки нагрузки на водоток).

Далее необходимо выбрать методы пробоотбора и пробоподготовки и приступить к измерениям, не забывая четко фиксировать, записывать и оценивать каждый шаг. Учитель биологии, использовав определитель беспозвоночных, поможет выбрать индикаторные виды (ухудшение кислородного режима проявляется, например, в уменьшении количества и разнообразия личинок ручейников, поденок).

Интерпретацию полученных результатов следует проводить параллельно с получением данных, корректируя проводимые наблюдения. Например, удалось выяснить, что молочный завод сбрасывает сточные воды в реку прямо по рельефу, хотя должен отводить их в канализацию. Можно оценить ущерб в денежном выражении или просто, собрав результаты анализов, фотографии и карты, обратиться к руководителям предприятия, предложив компромиссное соглашение. Вы – наблюдаете, помогаете расчистить русло, засадить береговой откос. Завод – срочно занимается ремонтом канализации. Комитет по экологии не налагает штрафных санкций до согласованного тремя сторонами срока. Полезно захватить с собой распечатки, посвященные возможному воздействию загрязненных вод на организм человека (разве дети технолога не купаются в Китеже?).

Надеемся, в ходе выполнения проекта, ваша группа расширится, вам помогут врачи СЭС, специалисты завода окажутся корректными, учителя, как всегда, заинтересованными, а на втором этапе вы найдете силы и желание заняться сельскохозяйственным объединением "Китежовоц" или предприятиями ОАО "Техно".

Желаем успеха!

Воздух, которым мы дышим

*В воздухе над Туристской улицей помимо прочей дряни витал еще и аммиак.
"Московский комсомолец", 4 августа 1997 года*

В большинстве крупных городов характер загрязнения воздуха определяется автотранспортом. Например, в Москве и Санкт-Петербурге, вклад транспорта составляет 75-85%. В перечень вредных веществ, выделяемых автотранспортом, входят оксиды азота, оксид углерода, легкие углеводороды, во многих случаях – соединения свинца (этилированный бензин все еще широко используется), сажа и сорбированные на ней полиароматические углеводороды (характерный черный выхлоп дизельных двигателей), разнообразные взвешенные частицы, наконец

(косвенным образом) – соли, применяющиеся для таяния снега. Кроме того, при соответствующих условиях в атмосфере происходит вторичное загрязнение (например, образование фотохимического смога).

Цель проекта – сбор сведений о загрязнении приземного слоя воздуха в зоне расположения детского сада и средней школы и принятие мер по изменению движения транспортных потоков на указанном участке.

Задачи и этапы выполнения проекта

- организовать встречи и консультации для наиболее активных союзников (врачей, учителей, воспитателей детского дошкольного учреждения, родителей, школьников, желающих принять посильное участие в проекте);

- обобщить известную информацию о составе автомобильных выбросов, о характере их воздействия на воздух, почву, снежный покров, растительность и сформировать программу мониторинга;

- задействовав оборудование школьного химического кружка и используя приемы биомониторинга, организовать регулярные наблюдения за качеством воздуха, за составом снега и состоянием кустарников на школьном участке;

- включить в школьные курсы химии, биологии и географии практические занятия по мониторингу воздуха;

- подготовить и опубликовать серию статей о транспортном загрязнении в местной газете, а также составить и распространить информационные материалы для комитета по экологии, санэпидемстанции и госавтоинспекции; организовать серию встреч с их руководителями;

- подготовить спектакль "Автомобиль – враг или друг?" силами школьного драмкружка и пригласить на премьеру врачей, учителей, воспитателей детского дошкольного учреждения, сотрудников комитета по экологии, санэпидемстанции и госавтоинспекции;

- провести субботники по посадке "второго пояса" защитной полосы кустарников на перекрестке улицы Пыльной и переулка Дымного;

- провести общественные слушания и обсудить результаты общественного экологического мониторинга; предложить систему мероприятий в помощь госавтоинспекции (патрулирование перекрестка силами родителей, подготовка информационных щитов и т.п.).

Практические рекомендации по выполнению задач проекта

Соберите общую **информацию о транспортном загрязнении:**

- 1) какие загрязняющие вещества будут доминировать, каковы их токсикологические свойства и как они воздействуют на организм ребенка?

- 2) какие виды топлива разрешены и какие запрещены в вашем городе?

- 3) каков транспортный поток и как он меняется в зависимости от времени суток?

- 4) каковы типичные приемы наблюдения за загрязнением такого рода? (биомониторинг, отбор проб взвешенных частиц, анализ содержания солей в пробах снега, экспресс-методы определения оксидов азота и оксида углерода и т.п.).

Сформируйте программу наблюдений, ориентируясь на собственные

возможности и вклад возможных союзников, и приступайте к ее реализации:

1) школьный учитель химии может помочь в определении загрязненности снежного покрова (общее содержание солей и взвешенных частиц, нитратов как продуктов преобразования диоксида азота) и собственно воздуха (отбирая пробы с помощью, например, пылесоса, и оценивая содержание взвешенных частиц, поступающих на уровень первого этажа школы и детского сада);

2) учитель биологии с помощью лупы и микроскопа поможет оценить состояние растительности (иногда достаточно простых визуальных наблюдений);

3) с учителем рисования, со старшеклассниками зарисуйте и сфотографируйте наиболее яркие примеры нарушений, деградации растительности, малышей, облизывающих снежки из загрязненного снега, и т.п.);

4) не забывайте о ежедневной регистрации структуры транспортного потока и о таком простом показателе, как уровень шума;

5) обратитесь в штаб ГО – многие из них располагают простыми приборами типа УГ-2 для полуколичественного определения оксидов азота, серы, углерода в воздухе;

6) как правило, среди родителей находятся сотрудники НИИ, высших учебных заведений, которые могут помочь организовать весьма корректные измерения;

7) оценивайте каждый шаг и внимательно интерпретируйте результаты.

Постарайтесь принять собственные меры (до обращения в ГАИ и в комитет по экологии):

1) убедите родителей, привозящих детей в школу и детский сад, не оставлять машины с работающими двигателями вдоль улицы Пыльной и переулка Дымного;

2) договоритесь о формировании "буферной" зоны в переулке Дымном (автомобили родителей не будут заезжать в пределы зоны);

3) займитесь посадкой кустарников вдоль заборов школы и детского сада.

Наконец, если вы уверены в том, что результаты общественного экологического мониторинга достаточно убедительны, хорошо документированы, снабжены корректной интерпретацией и впечатляющими иллюстрациями, – обращайтесь в местную администрацию, в комитет по экологии, на санэпидемстанцию. Помните, что и в этих организациях могут работать родители ваших подопечных ребят, привлеките к сотрудничеству врачей районной поликлиники, проведите демонстрационные уроки (откройте окна, обратите внимание на уровень шума, обсудите с присутствующими вид марли, натянутой у забора детсада по улице Пыльной, до и после утренних часов пик).

Транспортные потоки, перегрузка городов – чрезвычайно остро стоящие на сегодня проблемы. Вероятно, вы услышите много возражений. Представители власти будут доказывать нецелесообразность перекрытия переулка Дымного и улицы Пыльной, отведения потока транспорта на соседние улицы. Не отчаивайтесь, продолжайте наблюдения. Собирайте еще более убедительный материал. Оцените транспортные потоки там, куда, во вашему мнению, могли бы быть направлены хотя бы грузовые автомобили.

Кроме того, вы уже научились принимать решения на индивидуальном уровне, на уровне коллектива. Родители изготовили щиты, а школьники расписали их, для установки вдоль забора детсада так, чтобы "отсечь" некоторую долю загрязняющих веществ. Классы, окна которых выходят на улицу, проветриваются только через коридор, проходящий со стороны двора. Физкультурные занятия перенесены с

площадки, выходящей в переулок Дымный, в соседний, более благополучный сквер. Вы развиваете просветительную кампанию, устанавливаете новые плакаты вдоль улицы Пыльной и переулка Дымного, не забываете направлять копии листовок, статей (никакой скандальности – только факты), медицинской статотчетности в администрацию, в управление ГАИ, на СЭС. О вас хорошо знают жители окрестных домов. Вам помогают сотрудники филиала НИИ коммунальной гигиены. А скоро выборы.

Ждите телефонных звонков и писем. Властные структуры предложат компромиссные решения.

Предприятие, возле которого мы живем

Над заводом стояло огромное красное колеблющееся зарево. На его кровавом фоне стройно и четко рисовались темные верхушки высоких труб, между тем как нижние части расплывались в сером тумане, шедшем от земли. Разверстые пасти этих великанов безостановочно изрыгали густые клубы дыма, которые смешивались в одну сплошную, хаотическую, медленно ползущую на восток тучу, местами белую, как комья ваты, местами грязносерую, местами желтоватого цвета железной ржавчины.

А.И. Куприн. "Молох"

Никитовский район в народе называют "стекольным краем", и не зря: основная промышленность района – стекловаренная. Рабочие места для большей части населения обеспечиваются тремя крупными стекольными заводами, два из которых расположены вне городской черты. Вашу организацию заинтересовал третий, Никитовский завод, но вы, к сожалению, не располагаете ни приборной базой, ни средствами для ее приобретения.

В настоящее время существует немало методов обнаружения практически всех известных веществ, в том числе и в следовых количествах. Но многие из этих методов сложны, дорогостоящи и, соответственно, не всегда доступны общественности. Тем не менее, это не означает, что о мониторинге следует забыть. В распоряжении человека остается самый универсальный прибор, хотя и с высоким пределом обнаружения и низкой разрешающей способностью, – его организм. Подкрепив визуальные наблюдения документально такими доступными способами, как фото- и видеосъемка, можно примерно оценить степень воздействия предприятия на окружающую среду и определить источники воздействия.

Цель проекта – оценить характер и возможные пути сокращения воздействия Никитовского стекольного завода на состояние окружающей среды.

На первом этапе целесообразно заняться сбором и систематизацией всей доступной информации, не прибегая к непосредственным контактам с руководством предприятия и к запросам, обращенным к его инженерно-техническим сотрудникам.

Задачи первого этапа могут быть поставлены следующим образом:

- объявить о начале проекта "Мониторинг воздействия Никитовского стекольного завода";

- найти в районной библиотеке и обобщить информацию о стекольном производстве в целом и об истории стекловарения в Никитове;
- организовать встречи и консультации для наиболее активных союзников (врачей, учителей, школьников, пенсионеров, сотрудников библиотеки, желающих принять посильное участие в проекте);
- провести интервьюирование старожилов города, пенсионеров завода, расспросив об условиях на производстве, об авариях прошлых лет, об объемах выпуска продукции и ее видах;
- организовать почтовый ящик (или телефон) общественного экологического мониторинга для сбора информации о "ночных" выбросах, о пожарах на городской свалке, куда вывозятся отходы завода, и т.п.;
- сформировать программу мониторинга с учетом полученных сведений;
- организовать наблюдения по программе, включая обход границ территории завода, картирование расположения видимых источников воздействия; фотосъемку сбросных потоков и дымящих труб, посещение городской свалки и оценку вклада производственных отходов;
- оформить полученную информацию в виде отчета (для предоставления комитету по экологии и руководству предприятия);
- подготовить и опубликовать серию статей или выпустить листовки о типичных факторах воздействия стекольного производства на окружающую среду в местной газете.

Создав таким образом информационную базу для последующих переговоров и (будем надеяться) совместных действий с руководством предприятия, можно приступать к решению **задач второго этапа** проекта:

- предложить вниманию руководства предприятия подготовленный отчет (эффектно иллюстрированный) о проведенных исследованиях;
- оценить вклад принципиально регулируемых источников в загрязнение окружающей среды и предложить руководству предприятия посильную помощь в принятии мер по уменьшению их воздействия;
- обратиться к руководству предприятия с просьбой организовать серию обзорных туров по промплощадке и/или лекций профориентационного характера в школах города;
- провести рейды-обходы производственной площадки предприятия и составить карту-схему расположения источников воздействия;
- провести общественные слушания по итогам первого этапа долгосрочной программы, распределив обязанности и ответственность в системе мониторинга источников воздействия и контроля природоохранной деятельности предприятия.

Практические рекомендации по выполнению задач проекта

С точки зрения воздействия на окружающую среду предприятие представляет собой совокупность источников воздействия всех видов: точечных стационарных (заводские трубы, места сброса сточных вод), точечные подвижные (транспорт), линейные (железные и автомобильные дороги, высоковольтные линии электропередач) и площадные (некоторые цеха, склады сырья и материалов, полуфабрикатов, конечных продуктов производства, свалки).

В общем случае стационарные и, до определенной степени, подвижные источники описаны в экологическом паспорте предприятия. Для каждого

предприятия составляются также государственные формы статистической отчетности – 2ТП "Водхоз", 2ТП "Воздух", 2ТП "Твердые отходы". Если у вас есть доступ к этому документу (пусть устаревшему), задача упрощается; если нет – обратитесь к таким источникам. За обзором литературы естественным образом следует "экспериментальная часть" – обход границ территории завода.

В процессе обхода границ территории предприятия старайтесь учесть все возможные источники загрязнений. Обратите внимание на трубы котельных: как часто они дымят, в какое время суток. Помните, что чем выше труба, тем на большей площади и в меньшей концентрации рассеиваются загрязняющие вещества. Если местные жители считают, что дым слишком черен для энергетического объекта, работающего на природном газе, – предложите им позвонить вам, или записать, когда именно дымит пресловутая труба. Такой прием мониторинга позволит вам получить график нарушений природоохранительного законодательства.

Как правило, недалеко от предприятия можно найти трубы, через которые сбрасываются сточные воды (очищенные или, к сожалению, неочищенные) в близлежащий водоем. Можно оценить внешний вид сточной воды, запах, температуру (здесь может пригодиться термометр). Так, например, температура вод, поступающих в водоем-охладитель, может круглый год находиться в диапазоне 10-20°C, что влечет за собой тепловое загрязнение водоема. Разница температур природной и сбрасываемой воды особенно заметна в зимний период, когда над местом сброса образуется плотный слой тумана, и в радиусе 4-5 м от стока нет ни снега, ни льда.

Изучая воздействие, связанное с транспортом, полезно просчитать ежедневный поток машин, в среднем проходящий по предприятию, выяснить технические условия обслуживания, проследить, проходят ли очистку воды с мойки машин и куда они сбрасываются. Обычным является вариант, когда вода попадает в ливневую канализацию, а в итоге – в окрестные водоемы.

Важно оценить способы хранения исходных, промежуточных и конечных материалов производства. Для каждого материала характерны свои условия хранения, и если они нарушаются, последствия могут быть печальными. В стекольном производстве кроме основных сырьевых компонентов (песка, соды, сульфата натрия, доломита или глинозема) используются добавки (для отбеливания, окрашивания продукции), в числе которых могут быть соединения мышьяка, селена, кобальта. В пятидесятые годы хрусталь иногда окрашивали соединениями урана. Хранение материалов и свалка мусора под открытым небом определяют так называемое вторичное загрязнение сопредельных сред (воздуха, глубоких горизонтов почв, водных объектов за счет фильтрации в грунтовые воды и поверхностных водоемов при поступлении в них примесей с поверхностным стоком).

Вряд ли рядом с вами расположено идеальное предприятие. Но если сотрудники завода уже, наверное, привыкли ко многому, ваш свежий взгляд на положение вещей, фотографии, сделанные школьниками, анкеты, предложенные детьми своим родителям, могут побудить вольных или невольных виновников загрязнения серьезно задуматься. Следует, однако, избегать обсуждения таких мероприятий, как немедленная реконструкция смесового цеха, установка дорогостоящих фильтров, замена стекловаренной печи. В современных условиях гораздо более актуальны (и не менее важны!) такие шаги, как приведение в порядок складских помещений, опись и

проверка условий хранения токсичных веществ, планирование территории свалки, расчистка промплощадки.

В зависимости от складывающихся с предприятием отношений вы будете публиковать те или иные материалы в местной газете, раздавать листовки. В любом случае, постарайтесь, чтобы они носили характер информационных, дискуссионных, но не разоблачающих. Сотрудники предприятия – ваши соседи. Завод, может быть, – последний крупный работодатель в городе. Ваша цель – по-новому посмотреть на проблемы этого производства, обсудить характер его воздействия на здоровье работающих (стеклянные заводы печально известны силикозами, предприятия, выпускающие стекловолокно, – экземами, производство хрустала ведет к поступлению в атмосферу соединений свинца) и членов их семей, и составить совместный план действий. Постарайтесь не ставить непреодолимых барьеров между собой и предприятием, возле которого вы живете.

Надеемся, вы примете активное участие в субботнике по расчистке свалки, а руководство завода выделит необходимую технику и рабочих для наиболее трудоемких операций. Если в ходе инвентаризации сырья и материалов выяснилось, что остатки токсичных веществ уже не будут использованы в производстве, постарайтесь помочь руководству завода обсудить проблему их вывоза с комитетом по экологии. По мере улучшений в подготовленном вами "фотопаспорте" завода зачеркнуты снимки свалок стеклобоя у забора, но появились фотографии приведенной в порядок площадки у смесового цеха.

Вас пригласили принять участие в инструктаже по технике безопасности? Вы открываете постоянную рубрику в газете и планируете приступить к изучению состояния городского водохранилища? – Поздравляем. Ждем информации.

Город и радиация

Правда, функционируют в Москве семь атомных научных реакторов, но утверждается, что радиоактивных выбросов в атмосферу, в воду и почву не бывает.

А.И. Воробьев, П.И. Воробьев. "До и после Чернобыля (взгляд врача)"

Вы живете в Заозерске, городе с полумиллионным населением. В Заозерске расположен металлургический завод "Утренняя звезда", на котором, по слухам, проводились пробные плавки урана и тория.

Кроме того, в городе расположен научно-производственный центр (НПЦ), в течение нескольких десятилетий проводивший исследования в области радиобиологии. Местные жители считают, что в 12 км от города, в окрестностях п. Дружный расположен старый могильник, в котором захоранивались отходы НПЦ.

Население города, а особенно пригородов, чрезвычайно озабочено радиоэкологической ситуацией. Ваша группа решила установить общественный радиоэкологический контроль в регионе.

Цель проекта – информирование населения о радиационной обстановке в городе и окрестностях, принятие активных мер по улучшению ситуации.

Задачи и этапы выполнения проекта:

- Проанализировать наиболее вероятные источники радиоактивного загрязнения и составить карту-схему;

- Получить и проанализировать всю доступную официальную информацию о радиационном загрязнении интересующей вас территории. На этой стадии целесообразно постараться установить рабочие отношения с государственными службами, ведущими контроль радиационной обстановки на территории вашего города;

- На основании проведенного анализа составить план обследования территории с учетом имеющихся ресурсов;

- Провести необходимые исследования, по возможности, в сотрудничестве с одной из государственных служб;

- Проанализировав и оформив результаты, полезно организовать информационную кампанию;

- Организовать общественные слушания с участием представителей НПЦ и государственных контролирующих служб, на которых постараться выработать план мероприятий по улучшению ситуации.

Практические рекомендации по выполнению задач проекта

Тема радиационного загрязнения территории, на которой мы живем, – одна из самых острых. Население панически боится радиации – и эта боязнь во многом оправдана. Дело не только в том, что радиация опасна сама по себе. Чернобыльская авария ясно показала, что государство не готово к честному диалогу с населением, видит в населении не своих союзников, а в первую очередь, объект для манипуляций. Более ранние радиационные инциденты (три радиационные катастрофы на Урале и другие, менее известные инциденты) свидетельствуют о том, что традиции замалчивания имеют многолетнюю историю. Способ взаимодействия с населением во время более поздних радиационных инцидентов (в первую очередь во время Томской аварии 1993 г.) говорит о том, что далеко не все нужные выводы были сделаны, и взаимодействие между официальными структурами и населением по вопросам радиационной безопасности остается одним из наиболее уязвимых мест.

Поэтому, начиная проект по радиоэкологическому мониторингу, вам необходимо проявить максимум профессионализма и непредвзятости, максимум такта в построении своих взаимоотношений со всеми участниками общественного диалога – с государственными контролирующими органами и лицами, принимающими решения, с потенциальными загрязнителями, с населением.

Возможно, некоторые из приведенных ниже советов помогут Вам добиться успеха и хотя бы отчасти улучшить ситуацию в регионе.

Первый этап вашего проекта – сбор и анализ доступной информации.

Собирать информацию лучше всего путем официальных запросов. Необходимо обратиться с запросами во все инстанции, которые этой информацией могут располагать. Помните, что ваш запрос становится документом только тогда, когда он направлен по официальным каналам. Недокументированный ответ на устный вопрос, заданный ответственному лицу во время личной встречи, может оказаться бесполезным для дальнейшей работы. Направляя письменный запрос, не забудьте выяснить входящий номер вашего письма. В свою очередь, направляя запросы в официальные инстанции, постарайтесь сами соблюдать правила деловой переписки.

Следует точно понимать, какие именно официальные органы могут располагать необходимой информацией.

Наибольшим объемом интересующей вас информации о радиоэкологической обстановке в регионе обычно располагают местный комитет по экологии, местное подразделение Росгидромета, санэпидемслужба. Очень часто уникальной информацией располагают областные подразделения Министерства природных ресурсов. Именно эти подразделения обычно выполняют наземную радиационную съемку по сети, которая выполнена для некоторых городов и регионов (в том числе Москвы, С.-Петербурга, Рязанской обл. и др.). Весьма ценной для вас может оказаться информация, которой располагает сеть агрохимслужбы Минсельхозпрода. Эта служба ведет мониторинг состояния пахотных угодий и на протяжении многих лет наблюдает за их загрязнением (в том числе радиоактивным).

В любом случае, постарайтесь использовать этап сбора информации для установления доброжелательного отношения к вашему проекту и начала долговременного сотрудничества.

- До получения полной и достоверной информации не торопитесь с выводами. Неосторожные высказывания, допущенные в начале проекта и не подкрепленные неопровержимым фактическим материалом не прибавят авторитета вашей организации и могут поставить под сомнение результаты проекта в целом.

Приступая к экспериментальной части, особенно тщательно продумайте схему организации мониторинга. Помните, что сколько-нибудь полный контроль за радиационной ситуацией абсолютно не посилен общественной организацией, имеющей ограниченные ресурсы.

- Тщательно проанализируйте наиболее вероятные источники радиоактивного загрязнения и пути поступления радионуклидов в окружающую среду. В г. Заозерске потенциальными источниками радиоактивного загрязнения, очевидно, являются завод "Утренняя звезда" и НПЦ.

- Известно, что одним из наиболее значимых факторов, формирующих радиационную обстановку в городах, является небрежное обращение с радиоактивными материалами. Появление мест локального радиоактивного загрязнения часто не поддается логическому анализу. Известно множество случаев, когда локальные источники радиоактивного излучения были найдены в детском саду, на клумбе в парке, и проч. Поэтому особое значение приобретает сотрудничество со всеми организациями, располагающими информацией о радиоактивном загрязнении.

Если ваш проект направлен на принятие определенных решений на официальном уровне, обратите особое внимание на метрологические аспекты. Пользуйтесь только профессиональной аппаратурой, поверенной в установленном порядке. Помните, что просроченное свидетельство о поверке или небрежности, допущенные на стадии отбора проб, могут свести на нет все ваши усилия.

- Особое внимание обратите на протоколирование ваших результатов. Дозиметрические измерения, не подкрепленные актом обследования, составленным и подписанным непосредственно с день проведения обследования, могут стать причиной игнорирования результатов государственными органами. Для официального признания ваших результатов будет также очень полезно, если в

обследовании примут участие представители государственных структур. Это поможет "убить сразу двух зайцев" – отчасти решить проблемы с отсутствием аттестованного персонала (серьезная проблема для большинства общественных организаций), а также создать атмосферу доверия и сотрудничества, без которой использование ваших результатов в процессе принятия решений может оказаться малореальным.

- И наконец – интерпретация. Некорректная интерпретация – это одна из наиболее частых ошибок общественных организаций, ведущих радиоэкологический мониторинг. Помните, что прежде, чем обращаться в официальные инстанции с предупреждением об обнаруженных вами участках радиоактивного загрязнения, убедитесь, что обнаруженное превышение радиационного фона выходит за рамки нормальных флуктуаций. Не пытайтесь создать прецедент из небольших (5-10 мкР/час) отклонений от естественного фона – это даст повод упрекнуть вас в некомпетентности и эмоциональности.

- Вынося свои результаты на публичные обсуждения, постарайтесь построить свое выступление или материал в спокойном, сдержанном тоне. Не злоупотребляйте образными сравнениями и метафорами – это может привести к обратному результату.

- Не ограничивайтесь только констатацией факта – предложите выход из создавшегося положения. Лучше всего, если вам удастся добиться соглашения между всеми организациями, которые могут влиять на радиационную обстановку в городе. Четко разработанный план совместных действий с реалистичным распределением ответственности между всеми заинтересованными сторонами мог бы стать хорошим результатом этого этапа проекта и создать надежную базу для изменения ситуации к лучшему.

В ряде случаев общественные организации используют для проведения измерений бытовые дозиметры или поисковые приборы (типа СРП-68). Проведение рекогносцировочных исследований с помощью СРП-68 - прием вполне оправданный; прибор весьма чувствителен и удобен в работе. Однако следует помнить, что данные, полученные с помощью этой аппаратуры, не являются дозиметрическими и могут быть использованы только для первой ориентировки. Полученные с их помощью результаты требуют подтверждения.

Составьте сравнительную таблицу преимуществ и взаимодополнений на основе мониторинга, проводимого на официальном государственном уровне и общественного экологического мониторинга.

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Локальный мониторинг, как правило, является составной частью регионального мониторинга. Однако в ряде случаев мониторинг небольшой территории может организовываться для решения задач исключительно местного масштаба. Примеры: строительство какого-либо промышленного или энергетического объекта, начало разработки месторождения нефти, газа или рудного сырья.

Вначале проводят фоновый мониторинг места расположения этого объекта и его ближайших окрестностей, а затем после его пуска ведут мониторинг данного района с целью выяснения влияния этого нового антропогенного источника воздействия на окружающую среду ограниченной площади.

Организация и задачи:

1. При организации и проведении локального мониторинга должны определяться приоритетные загрязнители, прежде всего, за которыми уже ведутся наблюдения по программам глобального и национального мониторинга (или хотя бы большинство из них), а также загрязнители, выявляемые при организации мониторинга имеющихся источников загрязнения или на основе изучения технологических регламентов (проектов) создаваемых производств.

2. Для интерпретации результатов наблюдений необходимы данные о местных гидрометеорологических условиях, что и делает необходимым участие в локальном мониторинге подразделений Росгидромета. Помимо мониторинга загрязнений именно на локальном уровне важен мониторинг здоровья, осуществляемый службами Минздрава Российской Федерации.

К локальному мониторингу можно отнести мониторинг среднего города (до 500 тыс. жителей), района расположения промышленного предприятия, ТЭС или АЭС, нефте-, газопромысла, разработки минеральных ресурсов, а также небольших территорий специфических географических объектов, таких как озеро, искусственное водохранилище, дельта крупной реки, лиман, морской залив и т.п.

3. Сетка точек отбора проб, периодичность наблюдений, сроки выдачи информации органам местного самоуправления и другие детали организации мониторинга определяются на основе общих требований, изложенных ранее, и специфики местных условий. Как обычно, при возникновении экстремальных ситуаций частота отбора проб и выдачи информации должна быть резко увеличена впредь до ликвидации последствий этой ситуации.

4. По результатам локального мониторинга соответствующие компетентные органы могут приостанавливать деятельность предприятий, приводящих к сверхнормативному загрязнению окружающей среды, до ликвидации аварийной ситуации и ее последствий или улучшения технологического процесса, устраняющего возможность таких загрязнений. В особых случаях может ставиться вопрос о полном закрытии предприятия, его перепрофилировании или переносе в другую местность.

Результаты мониторинга локального фона на стадии проектирования и строительства также могут привести к необходимости улучшения, совершенствования проекта, изменению места строительства или даже к его запрету по экологическим соображениям.

5. Для правильной организации локального мониторинга необходимо определить наиболее чувствительное к ожидаемому или уже существующему набору

загрязнителей звено экосистемы в данном районе или хотя бы ряд таких предполагаемых критических звеньев в окружающей среде и биоте. Часто выявление одного наиболее чувствительного звена является весьма сложной задачей, которая не может быть решена однозначно.

6. При планировании и проведении локального мониторинга необходимо учитывать не только распространение загрязнителей из местных источников, но и поступление их извне за счет глобального и регионального переноса, что существенно также и при определении ПДВ и допустимой нагрузки на окружающую среду.

4.1 Разработка программы локального экологического мониторинга

При разработке мероприятий по оздоровлению воздушного бассейна отдельного города или крупного промышленного района иногда необходимо:

- детально изучить состояние загрязнения атмосферы в целях выделения районов, подверженных влиянию определенных источников загрязнения;
- уточнить распределение по территории города основных и некоторых специфических вредных веществ, наблюдения за которыми ранее не проводились;
- уточнить правильность расчета полей максимальных концентраций при разработках нормативов ПДВ, особенностей переноса вредных выбросов на десятки, а иногда и сотни километров от источника и изучения взаимного влияния отдельных промышленных центров на крупный промрайон.

Для этого организуется комплексное обследование города или промышленного района. До проведения обследования осуществляется ознакомление с общей физико-географической характеристикой района, основными источниками загрязнения и состоянием загрязнения атмосферы в различных районах города. По этим данным составляется подробный обзор состояния загрязнения атмосферы города (или промрайона), а затем разрабатывается программа комплексного мониторинга.

Программа должна включать следующие работы:

1. Уточнение характеристики выбросов промышленных предприятий и автотранспорта (перечень предприятий, подлежащих обследованию; веществ, выбросы которых должны определяться; автомагистралей для определения характеристик движения с указанием периода обследования и их частоты).

2. Изучение метеорологического режима (определение метеопараметров, за которыми должны осуществляться наблюдения, сроков проведения наблюдений, указание точек наблюдений на карте-схеме).

3. Определение программы наблюдений:

- установление количества стационарных постов и дополнительных точек наблюдений с указанием их местоположения на карте-схеме города,
- составление перечня подлежащих контролю веществ и сроков наблюдений,
- перечня предприятий, в районе которых будут проведены подфакельные наблюдения, с указанием расстояний и количества точек наблюдений, сроков наблюдений и веществ, концентрации которых будут определяться.

4. Сбор медико-биологических сведений (составление перечня показателей мест обследования и т.п.), который проводится в соответствии с методическими указаниями Министерства здравоохранения РФ, а также со специальными

программами по изучению влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения.

Обследование должно осуществляться **по расширенной программе**, включающей измерения не только на территории города, но и за его пределами, а также на различных высотах над городом. Это необходимо, чтобы оценить дальность и высоту распространения вредных примесей от городов, их влияние на изменение концентраций во всем жизнедеятельном слое на территории города или в целом промышленного района.

Если в городе проводится **систематический контроль загрязнения** атмосферы, то существующая сеть пунктов принимается за репер, так как имеет длительный период наблюдений и позволяет выявлять отклонения в режиме концентрации примесей. В период обследования сеть постов значительно расширяется и уплотняется (один стационарный пост на 0,5-5 км). В зависимости от задач обследования посты располагаются на перекрестках улиц с оживленным движением, у обычных крупных автомагистралей, на разных расстояниях от мощных промышленных предприятий или промплощадок в соответствии с преобладающим направлением ветра. Посты располагаются также в жилых районах разного типа застройки, в местах отдыха населения, на территориях школ и детских садов, в формах рельефа (возвышенностях и впадинах), в районе метеостанции. Выбранные точки должны размещаться по возможности равномерно по городу на площадках с непылящим или мало пылящим покрытием на проветриваемых местах.

Для выявления влияния города на окружающую местность целесообразно также установить один стационарный пост на расстоянии 1-3 км от города на наветренной стороне по преобладающему направлению ветра и на расстоянии 2-5 км на подветренной стороне.

Сроки отбора проб воздуха на стационарных и маршрутных постах зависят от программ наблюдений. Большое количество постов измерений требует значительного количества обслуживающего персонала и техники. Поэтому изучение загрязнения может проводиться последовательно в отдельных районах города. При этом на стационарных постах наблюдения выполняются постоянно, а на дополнительной сети наблюдений в отдельных районах города – периодически в течение двух месяцев года – в теплый и холодный период. В соответствии с расположением промышленных объектов город можно разделить на части, в каждой из которых имеются стационарные (реперные) посты и четыре-шесть дополнительных. Наблюдения на стационарных постах проводятся в течение всего года в рекомендованные стандартными программами сроки, а на дополнительных – в различные месяцы (июнь и декабрь, июль и январь, август и февраль).

Если обследования продолжаются более двух лет, то целесообразно менять месяцы, в которые выполняются наблюдения.

Программа обследования должна быть рассчитана на комплексное изучение в течение одного года или двух-трех лет.

Чтобы обеспечить получение статистически достоверных характеристик загрязнения атмосферы, общее количество наблюдений за одной примесью в одной точке должно быть не менее 200, на одном расстоянии от предприятий за одной примесью – не менее 50 в год.

В программе следует указать сроки подготовки результатов обобщения и анализа информации.

Работы по комплексному изучению состояния загрязнения атмосферы должны организовываться и проводиться совместно рядом заинтересованных организаций: специализированными НИИ, предприятиями, учреждениями геолого-почвенного, медико-биологического профиля. В программе должны быть указаны задачи, решаемые каждой организацией. Для общей координации работ решением местных органов может быть создана специальная комиссия, которая сможет разместить заказы на изготовление оборудования, решить вопрос о выделении на период обследования служебных помещений, организовать охрану приборов и установок и т.п.

Для определения максимальных значений концентраций загрязняющих веществ, которые создаются при направленных выбросах от предприятий, а также размеры зоны распространения примесей от данного предприятия организуются **подфакельные наблюдения**, т.е. измерения концентраций примесей под осью факела выбросов из труб промышленных предприятий.

Местоположение точек, в которых проводится отбор проб воздуха для определения концентраций вредных веществ, меняется в зависимости от направления факела.

Подфакельные наблюдения осуществляются в районе отдельно стоящего источника выбросов или группы источников как на территории города, так и за его пределами.

При подфакельных наблюдениях пробы отбираются на расстояниях 0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15 и 30 км. Данные наблюдений на близких расстояниях от источника (0,5 км) характеризуют загрязнение атмосферы низкими источниками и неорганизованными выбросами, а на дальних они характеризуют сумму от низких, неорганизованных и высоких выбросов.

Измерения концентраций выполняются в центральных (осевых) точках, расположенных по оси факела на различных расстояниях от источника выброса, и в точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Расстояние между точками зависит от ширины факела: по мере удаления от источника выброса оно увеличивается и может колебаться от 50 до 300-400 м.

Проведение отбора проб в зоне влияния факела предприятия на разных расстояниях от источника дает возможность проследить изменение концентраций вдоль факела и получить более достоверные данные. В случае изменения направления факела наблюдения перемещаются в зону его влияния.

Более часто следует выполнять наблюдения на расстояниях 10-40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность появления максимума концентраций. Наблюдения ведутся за специфическими веществами, характерными

для данного предприятия, и с таким расчетом, чтобы на каждом расстоянии от источника было не менее 50 измерений каждого вещества.

При выполнении **подфакельных наблюдений** наиболее существенной частью работы является установление направления факела и выбор точек отбора проб. Направление факела определяется по визуальным наблюдениям за очертаниями дыма. Если дымовое облако отсутствует, то направление факела устанавливается по направлению ветра (поданным шаропилотных наблюдений) на высоте выброса, по запаху вредных веществ, характерных для обследуемого источника, и по видимым факелам близлежащих источников.

Пробы воздуха под факелом отбираются на высоте 1,5-3,5 м от поверхности земли в соответствии с методикой, применяемой при наблюдениях на стационарном посту. **Подфакельные наблюдения** следует выполнять в сроки проведения измерений на стационарных и маршрутных постах и дополнительно в другие сроки, чтобы изучить распределение максимальных концентраций в различные часы суток.

Измерение уровня загрязнения воздуха, обусловленного выбросами автотранспорта, осуществляется в комплексе с измерением уровня загрязнения выбросами промышленных источников, но может быть и самостоятельным. Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях и в прилегающей жилой застройке может быть проведена на основе определения в воздухе содержания как основных компонентов выхлопных газов (оксида углерода, углеводородов, оксидов азота, акролеина, формальдегида, соединений свинца), так и продуктов их фотохимических превращений (озона и др.).

Для изучения особенностей загрязнения воздуха **выбросами автотранспорта** организуют специальные наблюдения, в результате которых устанавливают:

- максимальные значения концентраций основных примесей, выбрасываемых автотранспортом в районах автомагистралей, и период их наступления при различных метеоусловиях и интенсивности движения транспорта;
- границы зон и характер распределения примесей по мере удаления от автомагистралей;
- особенности распространения примесей в жилых кварталах различного типа застройки и в зеленых зонах, примыкающих к автомагистралям;
- особенности распределения транспортных потоков по магистралям города.

Наблюдения проводят во все дни рабочей недели ежечасно, с 6 до 13 ч или с 14 до 21 ч, чередуя дни с утренними и вечерними сроками. В ночное время наблюдения ведутся 1-2 раза в неделю.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах, в районах с интенсивным движением транспорта, и располагаются на различных участках улиц, в местах, где часто производится торможение автомобилей и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей.

Места для размещения приборов выбираются на тротуаре, на середине разделительной полосы при ее наличии и за пределами тротуара, на расстоянии половины ширины проезжей части одностороннего движения. Пункт, наиболее удаленный от автомагистрали, должен располагаться не менее чем в 0,5 м от стены здания. На улицах, пересекающих основную автомагистраль, пункты наблюдения устанавливаются на краях тротуаров и на расстояниях, превышающих ширину магистрали в 0,5, 2, 3 раза.

Интенсивность движения определяется путем учета числа проходящих транспортных средств, которые делятся на пять основных категорий: легковые и грузовые автомобили, автобусы, дизельные автомобили и автобусы, мотоциклы – ежедневно в течение 2-3 недель в период с 3-6 до 21-23 ч, а на транзитных автомагистралях – в течение суток. Количество проходящих транспортных единиц подсчитывается в течение 20 мин, каждого транспорта – каждые 20 мин. Средняя скорость движения транспорта определяется на основе показателей спидометра автомашины, движущейся в потоке транспортных средств, на участке протяженностью от 0,5 до 1 км данной автомагистрали.

На основании результатов наблюдений вычисляются средние значения интенсивности движения автотранспорта в течение суток.

4.2 Технические и технологические проблемы экологического мониторинга

К настоящему времени в России и за рубежом создан большой парк специальной и универсальной контрольно-измерительной и аналитической техники, образцовых средств, технологий проведения анализа, контроля, оценки, обработки информации. Поэтому задача технико-технологического обеспечения экологического мониторинга сводится к выбору оптимального комплекта технических средств наблюдения и контроля из числа серийно выпускаемых различными предприятиями и ведомствами на основе нормативной базы экологического мониторинга.

Результаты экологического мониторинга составляют информационную базу (банк данных) ООС, что позволяет использовать ЭВМ для сбора, хранения, обработки и анализа информации. Информационное обеспечение ООС, в свою очередь, является основой для управления природоохранной деятельностью, проведения ресурсосберегающей политики.

Информативность мониторинга во многом зависит от уровня технических средств (оснащенности службы), поэтому при комплектовании парка приборов необходимо руководствоваться всем комплексом нормативов контроля, регламентирующим объемы, периодичность, требуемую точность и достоверность, а также полноту наблюдений. Обязательное условие обеспечения требуемой информативности – использование ЭВМ и средств мониторинга на их основе.

Ведомственная служба экологического мониторинга должна иметь полный комплект необходимых технических средств для контроля всех основных параметров загрязнений окружающей среды. Обычно состав загрязнителей воздуха, воды, почв достаточно точно прогнозируется (оксиды азота, углеводороды и др.) и поэтому задача экологического контроля сводится к количественному определению концентраций известных загрязнений. Для этого ведомственные службы экологического контроля достаточно оснастить комплексными передвижными лабораториями анализа качества воздуха, воды, почв.

Организации экологической службы, ее техническому оснащению для контроля

какой-либо определенной территории с находящимися на ней источниками техногенеза должны предшествовать научно-исследовательские работы, необходимые для исследования и прогнозирования возможных загрязнений (по составу и объемным концентрациям). Результаты исследований служат основанием для комплектования контрольных служб техническими средствами измерений и анализа состава и концентраций загрязнителей.

Инспекционные службы применяют разные методы и средства экологического контроля. Все они равноправны по критериям информативности, точности и достоверности.

В общую структуру аппаратных средств входят три уровня сети наземных измерений.

Низовой уровень мониторинговой сети представлен стационарными постами по воздуху и воде, передвижными и стационарными лабораториями по состоянию атмосферы, воды, почвы, снега, передвижными станциями контроля выбросов и сбросов, инспекционными службами, службами получения данных от населения.

Число стационарных и передвижных станций и постов определяется результатами исследований, расчетов на имеющихся моделях конкретной природно-технической геосистемы (или природно-территориального комплекса), а также на основании накопленного опыта наблюдения за окружающей средой.

На среднем уровне сети работают центры сбора и обработки информации, полученной в низовых сетях, отличающиеся друг от друга спецификой и сложностью решаемых задач.

Высший уровень сети – пользователи информации, полученной в центрах ее сбора и обработки. Непосредственными пользователями данных являются инспектора по охране окружающей среды.

К числу основных составляющих сети мониторинга относятся датчики и анализаторы, устройства загрузки данных, устройства передачи данных и др.

В иерархически построенной сети наземных измерений вычислительные средства обработки информации используются практически на всех уровнях сети. В стационарных и передвижных постах загрузчик данных не только управляет работой анализаторов, но и производит их первичную обработку. В локальных и центральном вычислительных центрах определяются по моделям уровни загрязнения среды по основным и дополнительным ингредиентам, строятся карты изолиний, рассчитываются прогнозы, вычисляются вероятные источники загрязнений и т.п.

Вычислительный центр сети мониторинга загрязнений выполняет следующие функции:

- управление работой сети наземных измерений в оперативном, штормовом режимах и режиме проверки работоспособности;
- сбор информации от стационарных постов и передвижных лабораторий контроля загрязнений;
- ведение банков данных оперативного и долговременного хранения информации с обеспечением надежности хранения информации и защиты от несанкционированного доступа;
- обработка информации для получения общей картины загрязнений для

вычисления прогнозов, интегральных оценок экологического состояния среды и др.;

- подготовка и выдача информации о загрязнениях в плановом порядке в виде сводных таблиц, картографического материала и т.п.;
- передача информации в автоматическом режиме в главный вычислительный центр.

Сеть передачи данных наземных измерений со станций экологического мониторинга обеспечивает регулярную (один раз в 10 мин, 30 мин, 1 ч и т.п.) передачу данных измерений от стационарных постов и передвижных лабораторий, передачу данных, поступающих от населения о тревожных и аварийных ситуациях и от вычислительного центра пользователям информации (исполнительной власти, населению и т.п.) по каналам связи.

Информация, передаваемая от стационарных постов и передвижных лабораторий, невелика по объему (сотни байт), но передается достаточно часто. Скорость передачи данных невелика – сотни бит в секунду. Требования к надежности передаваемых данных не предельно жесткие, так как протекающие в атмосфере и воде процессы имеют высокую скорость распространения.

Данные от вычислительного центра пользователям должны передаваться 1-2 раза в сутки, объем их достаточно велик (до нескольких десятков килобайт). Поэтому скорость передачи и требования к надежности передачи данных должны быть достаточно высоки.

Информационное обеспечение системы комплексного экологического мониторинга должно содержать следующие элементы:

- упорядоченную структуру информационных потоков (входных, внутренних, выходных);
- инфраструктуру собственно информационной базы данных;
- методики сбора данных от стационарных и передвижных постов;
- методики передачи данных, полученных от постов различного уровня, включая лидары;
- методики обработки данных и расчета интегральных показателей состояния окружающей среды;
- методики определения источников выбросов;
- структуру пользовательских организаций сети и эксплуатационных служб.

Состав программного обеспечения сети комплексного экологического мониторинга следующий:

- развитые операционные системы;
- стандартные базы данных;
- картографическое и графопостроительное обеспечение;
- мониторы для управления сбором данных.

Базой данных называют совокупность хранимых операционных данных, используемых прикладными системами некоторого потребителя. Основополагающим при проектировании или выборе структуры базы данных является модель представления данных.

По способу организации баз данных различают реляционные, иерархические и сетевые базы данных. Первые строятся на основе реляционной модели данных,

использующей математическое понятие теоретико-множественного отношения. База данных при этом представляет собой совокупность таблиц. В иерархических базах данных, соответствующих иерархической модели, данные имеют структуру простого дерева, база данных в целом – совокупности деревьев. Сетевые базы данных организованы как ориентированная сеть, где данные имеют вид ориентированного графа.

Выбор конкретной базы данных зависит от характера выполняемых задач. В соответствии с общими задачами сети наземных измерений должны быть созданы основные базы данных по следующим объектам: воздух, выбросы и отходы, вода и др. Большинство из них целесообразно строить как реляционные. В то же время, скажем, для картографических систем могут быть использованы базы данных иерархического типа.

4.3 Мониторинг города с населением до 500 тыс. человек

Головной организацией по проведению мониторинга в городе обычно является подразделение Росгидромета. В мониторинге также, как правило, участвует городской комитет по охране окружающей среды и лаборатории крупнейших предприятий. **Для разработки программы** мониторинга необходимо провести инвентаризацию источников загрязнения, мощность выбросов и сбросов загрязнителей окружающей среды. Для полноценного мониторинга атмосферы такого города обычно достаточно двух-трех стационарных пунктов наблюдения за загрязнением воздуха и периодических маршрутных съемок с помощью автомашины-лаборатории. **Контроль** за состоянием водных объектов строится в зависимости от наличия таковых, их вида и гидрологических особенностей в черте города и на его окраинах. Перечень определяемых загрязнителей формируется на основе уже указанных принципов. Близость сельскохозяйственной зоны обуславливает необходимость контроля количества пестицидов в атмосфере и водных артериях города.

4.4 Мониторинг промышленного предприятия

Организация мониторинга промышленного предприятия начинается с определения отрасли, к которой оно принадлежит, изучения технологических регламентов, инвентаризации потребляемых ресурсов, выбросов и сбросов, а также анализа состояния окружающего предприятие района. В сбросах и выбросах должны учитываться тепло, взвешенные частицы, химические соединения и радиоактивные вещества, если таковые имеются.

Если предприятие еще не работает, то на стадиях проектирования и строительства следует провести фоновый мониторинг района, результаты которого будут служить эталоном при определении влияния на окружающую среду в районе предприятия после его пуска.

Мониторинг района промышленного предприятия обычно проводят его собственные службы и независимые организации Росгидромета, Госсанэпиднадзора, местных органов охраны природы.

На основе анализа состояния окружающей среды района и общих нормативов предприятию определяются ПДВ и ПДС, которые и должны неукоснительно соблюдаться, контроль чего также входит в программу мониторинга.

Подлежащие определению в ходе мониторинга загрязнители устанавливаются в соответствии с профилем предприятия.

4.5 Мониторинг района ТЭС и АЭС

Современная угольная ТЭС мощностью 2400 МВт потребляет 1060 т/ч топлива, при этом образуется (т/ч): шлака – 34,5, золы – 195,5, оксида углерода (IV) – 2350, оксида серы (IV) – 34 и оксидов азота – 9,4. Кроме того, в соответствии с КПД термодинамического цикла станции в окружающую среду сбрасывается значительное количество тепла, которое распределяется между твердыми и газообразными продуктами сгорания и водой системы охлаждения. Средний расход охлаждающей воды и количество отводимой ею теплоты на 1000 МВт составляют 30 м³/с и 4500 ГДж/ч соответственно.

Для каждой ТЭС природоохранные органы устанавливают ПДВ, исходя из расположения ТЭС, наличия других источников загрязнителей в данном районе, расположения населенных пунктов, водных объектов и других особенностей района. Эти ПДВ должны обеспечивать выполнение всех санитарных норм (ПДК) в районе.

При определении ПДВ проводятся расчеты концентраций загрязнителей согласно технологическим регламентам и используются результаты экспериментальных исследований загрязненности атмосферы в районе ТЭС, если она уже работает.

В дальнейшем мониторинг района ТЭС направлен на контроль за соблюдением установленных нормативов стационарными и подфакельными пунктами контроля. Часто на дымовой трубе устанавливаются датчики автоматизированных систем точечного контроля состава и других параметров выходящих газов, относящиеся к системе объектового контроля источников загрязнения.

Во многих промышленно развитых странах создаются автоматизированные системы локального контроля загрязнения атмосферы, которые оснащены датчиками концентраций основных загрязнителей и гидрометеопараметров, аппаратурой для сбора и обработки их показателей. Датчики обычно располагаются на территории с радиусом примерно 10 км. В Японии, например, действуют около 800 таких станций, включающих в себя различные датчики, состав которых определяется спецификой предприятия.

Тепло, сбрасываемое с охлаждающей водой, может использоваться для различных целей (горячее водоснабжение, отопление теплиц, рыборазведение и т.п.).

АЭС потребляет топлива на несколько порядков меньше, чем ТЭС, так как 1 т урана эквивалентна примерно 2,5-3 млн т каменного угля. «Дымовые» трубы АЭС не дымят, поэтому химических загрязнителей АЭС практически не выбрасывает в атмосферу. Средний расход охлаждающей воды и количество отводимого ей тепла на 1000 МВт для АЭС составляет 50 м³/с и 7300 ГДж/ч соответственно. Основным же загрязнителем, выбрасываемым АЭС, является радиоактивность, поэтому мониторинг АЭС часто называют радиационным, а основной проблемой – накопление радиоактивных отходов.

Кстати, необходимо отметить, что и работа ТЭС связана с накоплением радиоактивности – природной, так как природные радиоактивные изотопы содержатся во всех видах топлива, а особенно в каменном угле и сланцах. В сбрасываемых ТЭС шлаках и золе концентрация этих изотопов возрастает в несколько (иногда десятки) раз, на что, однако, в большинстве случаев не обращают должного внимания.

В нормировании деятельности АЭС реализуется санитарно-гигиенический принцип защиты человека от радиационных воздействий. Согласно ему, дозовая квота для облучения населения излучением радиоактивных отходов АЭС равна 25 мбэр (5% предельной дозы), причем за счет выбросов в атмосферу – 20 мбэр, а за счет сбросов в водоем-накопитель – 5 мбэр. Эти дозы включают внешнее облучение от изотопов, поступивших в атмосферу и выпавших на местность, и внутреннее – от изотопов, поступивших в организм человека через дыхательные пути и пищевые цепочки.

В процессе проведения радиационного мониторинга ведется наблюдение за поступлением радиоактивных изотопов в окружающую среду, их накоплением, концентрациями, миграцией в пищевых цепях и т.д. При этом контроль ведется как по суммарной активности, так и индивидуально по всем нормированным изотопам (йод-131, стронций-89 и -90, цезий-137 и др.).

Радиационный мониторинг осуществляется через сеть станций (постов), расположенных в 30-километровой зоне вокруг АЭС. Как и в случае ТЭС, эта сеть может быть и даже в более значительной степени автоматизирована.

Однако чисто радиационный мониторинг района АЭС имеет ряд недостатков:

- не учитываются тепловые и химические (даже если последние и не столь значительны, как в случае ТЭС) загрязнители,
- человек не всегда является наиболее чувствительным звеном экосистемы;
- иногда не учитывается вклад глобальных выпадений радиоактивных изотопов и т.п.

Поэтому для полного понимания взаимоотношений АЭС с экосистемами района ее расположения требуется проведение комплексного экологического мониторинга района АЭС.

Экологический мониторинг района АЭС включает мониторинг источников загрязнения, мониторинг внешних факторов и мониторинг окружающей среды. Мониторинг окружающей среды включает определение наиболее чувствительных звеньев экосистемы к различным видам воздействия. Наиболее полная картина взаимодействия в системе «АЭС – окружающая среда» может быть получена, если ранее был проведен фоновый мониторинг на стадии проектирования и строительства АЭС.

Биологический мониторинг желателен на всех основных уровнях, в том числе и на уровне крупных млекопитающих. Нужен учет их численности в районе до пуска и в условиях работы АЭС, причем необходимо учитывать и другие факторы, которые могут влиять на этот показатель.

4.6 Мониторинг источника загрязнения (точечный мониторинг)

Мониторинг источника загрязнения (МИЗ) может являться составной частью подсистемы локального мониторинга окружающей среды, а может (что бывает намного чаще) включать в себя только элементы объектового производственного

контроля, практически полностью замкнутого на технологию, её процессы и аппараты.

Информационная связь между этими двумя подсистемами в рамках формируемой Государственной системы экологического мониторинга в настоящее время только устанавливается. Наиболее отчетливо и многообразно эта связь проявляется в случае особо опасных, в том числе в экологическом отношении, техногенных объектов, которые в силу своей опасности должны наиболее жестко и постоянно контролироваться изнутри и снаружи. Поэтому именно на примере этих объектов целесообразно рассматривать задачи и организацию мониторинга источников загрязнения.

Организация экологического мониторинга источников загрязнения на объектах осуществляется с целью получения оперативной и систематической информации о состоянии среды, прежде всего для обеспечения технологической и экологической безопасности самих контролируемых объектов, с приоритетом вопросов безопасности и комфортности условий труда работающего на них персонала. По данным МИЗ можно оценивать не только собственно параметры окружающей среды, но и косвенно судить по их характеристикам о работоспособности, а также о характере режима функционирования («штатный» или «аварийный») технологического оборудования на объекте, являющегося главным источником опасности для его персонала и проживающего вокруг населения.

Организация точечных (объектовых) подсистем МИЗ и решаемых ими задач наиболее наглядно может быть показана на примерах традиционно наиболее хорошо оснащенных в этом отношении особо опасных промышленных объектов (ОПО). К таковым, в первую очередь, могут быть отнесены объекты, связанные с производством, хранением, переработкой и уничтожением сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), высокотоксичных промышленных отходов (ВТПО) и, естественно, боевых отравляющих веществ (ОВ).

Предприятия 1-й категории опасности относительно малочисленны, но имеют или высокие значения валовых выбросов и/или выбросы загрязняющих веществ 1-го класса опасности. Поэтому они являются самыми высоко опасными («особоопасными») источниками загрязнения ОС и должны находиться под наиболее пристальным контролем. К этой категории относятся типы промышленных предприятий и других объектов, связанных с высокотоксичными отходами или химическим оружием (ХО), именно они в первую очередь должны оснащаться самыми совершенными системами и автоматическими приборами экологического мониторинга, подлежать постоянному и оперативному экологическому контролю.

Предприятия более многочисленной 2-й категории опасности также нуждаются, хотя и в менее частом и уже эпизодическом, контроле, так как характеризуются несколько меньшими суммарными объемами выбросов или выбросами загрязняющих веществ в основном 2-го класса опасности – поэтому их и ранжируют как «опасные».

Предприятия 3-й категории опасности относятся к самой многочисленной группе, однако на их долю, как правило, приходится не более 10% всех выбросов, а

выбрасываемые вещества относятся к 3-му классу «малоопасных» ЗВ, также как и сами предприятия.

Предприятия 4-й категории – это мелкие предприятия без выбросов, или с очень малыми объемами выбросов (обычно ниже типичных ПДВ), или же с выбросами безопасных веществ (для которых ПДК обоснованно не устанавливаются).

Устанавливается плановая периодичность экологического контроля предприятий:

для 1-й категории - 1 раз в 6 месяцев;

для 2-й категории - 1 раз в год;

для 3-й категории - 1 раз в 3 года.

Контрольная проверка для ранее существовавшей 4-й категории устанавливается с периодичностью 1 раз в 5 лет, причем выборочная, т.е. для конкретного предприятия вовсе не обязательная.

Типовая структура, схемы и процедуры

Характерной особенностью точечного мониторинга источников загрязнения на особоопасном объекте является сочетание двух одновременно решаемых задач: обеспечение экологической безопасности персонала и окружающей среды, а также наблюдение и измерение параметров среды по сравнению с нормальным (естественным) фоном, т.е. собственно мониторинг.

Одним из принципов построения структуры объекта по уничтожению химического оружия (УХО) и системы его мониторинга, способствующим повышению его экологической безопасности, является принцип «вложенных структур» (типа «матрешки»).

Он заключается в многократном полном или частичном изолировании (капсулировании или боксировании) источника опасности, помещаемого вначале в герметичную капсулу. Капсула окружается герметичным или полугерметичным вентилируемым и контролируемым защитным боксом, находящимся в также полугерметичном вентилируемом и контролируемом рабочем помещении (тоже своего рода бокс), расположенном на охраняемой и контролируемой рабочей территории (промплощадке), вокруг которой создается контролируемая санитарно-защитная зона (СЗЗ).

Таким образом, источник экологической опасности (потенциального загрязнения окружающей среды) в типовом варианте имеет не менее 4-5 уровней (ступеней) защиты.

Для повышения надежности система мониторинга особоопасного объекта обычно дублируется и при этом подразделяется на две основных части (подсистемы):

-подсистему автоматических приборов контроля ЗВ;

-подсистему пробоотбора и лабораторного анализа проб объектов среды вблизи источника загрязнения.

Обе подсистемы работают во взаимодействии, дополняя друг друга и увеличивая эффективность и надежность всей системы в целом. Взаимодействие и взаимодополнение подсистем осуществляется на всех (обычно трех) уровнях иерархии структуры системы точечного мониторинга, причем верхний уровень является общим для обеих подсистем.

4.7 Мониторинг радиоактивных загрязнений

Радиоактивность в окружающей среде, как и многие другие загрязнители, имеет не только антропогенное происхождение, но и зависит от ряда природных источников.

К природным источникам радиации относятся космическое излучение, изотопы ^3T и ^{14}C , которые постоянно образуются в земной атмосфере при взаимодействии космического излучения с азотом, ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th и радиоактивные изотопы – члены их семейств. Естественный фон излучения, обусловленный ими, составляет примерно 200 мрад/год. Однако из-за неравномерного распределения этих природных источников естественный фон колеблется от 40 до 200 мрад/год, а в среднем составляет 44 мрад/год, тем более что кроме перечисленных природных источников он определяется еще в некоторой степени и природным радиоактивным изотопом калия – ^{40}K . В местах же с повышенным содержанием природных радиоактивных изотопов (при наличии руд и минералов с высоким содержанием урана и тория), например, в Индии, Бразилии и т.д. естественный фон достигает 380-550 мрад/год и в отдельных случаях даже 2-2,8 рад/год.

Большую опасность для окружающей среды представляют аварии на АЭС и предприятиях, перерабатывающих отработанное ядерное горючее. Так при аварии на Чернобыльской АЭС (26.04.86 г.) в атмосферу было выброшено около 50 МКи, при аварии на комбинате Маяк (29.07.57 г.) – 20 МКи. Потенциально весьма опасны аварии на атомных подводных лодках (ПЛА) и потери ядерных бомб.

На дне Мирового океана покоится около 10 ПЛА. На ПЛА «Трешер» и «Скорпион» (США), утонувших в 1963 и 1968 г. соответственно, по-видимому, «потекли» ядерные реакторы. Утонувшая в 1989 г. ПЛА «Комсомолец» (СССР), на борту которой имелись ядерные торпеды, пока не представляет радиационной угрозы, но что будет через 15-20 лет – трудно предсказуемо.

В 1989 г. «потекла» водородная бомба, потерянная у берегов Японии в 1965 г. самолетом США, - в воды Тихого океана стал поступать плутоний.

В различных районах РФ с 1963 г. было произведено 84 «мирных» ядерных взрыва и на сегодня на глубинах 600-2800 м находятся несколько мегакюри радиоактивных продуктов, которые практически не контролируются, могут выходить на поверхность и поступать в подземные воды.

Таким образом, в настоящее время к естественному фону добавляется радиоактивность, обусловленная глобальным антропогенным загрязнением окружающей среды искусственными радиоактивными изотопами. Они образуются за

счет испытаний ядерного оружия (эта прибавка в 1963 г. составляла 66 мрад/год, в настоящее время уменьшилась до 2-2,5 мрад/год в связи с прекращением испытаний большинством стран), плановых выбросов АЭС и других установок и ядерных аварий.

Поэтому реально измеряемый фон в настоящее время может превышать указанную выше верхнюю границу.

4.8 Состояние мониторинга потенциально опасных объектов

По данным МЧС России, во всех субъектах Российской Федерации созданы территориальные центры мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования ЧС, 62 из которых функционируют на штатной основе. В 2002 г. таковых было 11, в 2003 г. – 43.

Для обеспечения единого подхода к организации прохождения прогнозной информации и реагирования на прогнозы ЧС на федеральном, региональном, территориальном и местном уровнях введен в действие соответствующий «Порядок подготовки, предоставления прогнозной информации и организации реагирования на прогнозы чрезвычайных ситуаций».

Повышению эффективности работы системы мониторинга и прогнозирования ЧС способствовало внедрение в Южном региональном центре МЧС России автоматизированной системы оперативного прогнозирования природотехногенных ЧС. По результатам производственных испытаний прогноз этой системы оправдывается не менее чем в 67-70% случаев.

С целью повышения эффективности прогнозирования крупномасштабных ЧС в состав Центра «Антистихия» МЧС России в 2004 г. были включены две территориальные лаборатории. Одна из лабораторий находится в Южном федеральном округе, другая – в Дальневосточном. Основная задача лабораторий выявить источники потенциальной опасности, которые могут повлечь серьезные катастрофы.

В интересах мониторинга подводных потенциально опасных объектов (ППО) в МЧС России создана «Система ведения реестра подводных потенциально опасных объектов». Она обеспечивает создание необходимой нормативной правовой базы в этой области; сбор, обработку, анализ и учет информации реестра; декларирование безопасности ППО; обследование ППО, вошедших в реестр без декларирования их безопасности; дообследование ППО и оперативный контроль их состояния; информационную поддержку принятия решений; проведение подводных работ специального назначения.

В 2004 году проведены 4 экспедиции, в ходе которых были обследованы ППО в заливах архипелага Новая Земля в Карском море, в глубоководных районах Японского и Охотского морей, в Балтийском море (в северо-восточной части Финского залива), а также на озере Байкал. В заливах архипелага Новая Земля было обследовано два комплексных захоронения твердых РАО и семь отдельных ППО, включенных в реестр. Общее число обследованных объектов – 37. В ходе работ было обнаружено более 15 различных объектов, в том числе гражданских и военных судов.

Анализ полученных проб воды и грунта не показал наличия явных признаков химической опасности. При обследовании подводных объектов на озере Байкал обнаружено 156 техногенных объектов, из которых обследовано 58 объектов. Поднято и утилизировано 8 единиц автотехники. Содержание нефтепродуктов в воде и грунте в местах расположения подводных объектов не превышает ПДК.

Росгидрометом продолжают работы по восстановлению государственной наблюдательной сети: в 2004 г. были вновь открыты 15 станций и 33 гидрометеорологических поста, расширены программы наблюдений в 20 пунктах. В целях наблюдения за весенне-летним половодьем и паводками было восстановлено 793 гидрологических поста, открыто 16 постоянных и 157 временных постов (в 2003 г., соответственно, 16 и 120). В период наводнений осуществлено 229 наземных и 62 авиационных обследования рек (в 2003 г., соответственно, 160 и 66).

Наблюдение и контроль за состоянием ПОО топливно-энергетического комплекса в Минпромэнерго России осуществляется с помощью соответствующих систем и лабораторий. Видно, что на объектах создана достаточно разветвленная сеть различных систем и лабораторий, позволяющих осуществлять наблюдение практически за всеми территориями объектов. Обеспеченность их специалистами составляет 100%, оборудованием и приборами – от 85 до 100%.

На объектах Росэнерго имеются лаборатории контроля промышленного загрязнения, оснащенные приборами газохроматографического контроля, а на объектах нефтепродуктообеспечения – лаборатории, производящие входной контроль за качеством нефтепродуктов и контроль за выбросами загрязняющих веществ (паров бензина) в атмосферу.

В газовой отрасли Росэнерго все производственные предприятия оснащены различными системами мониторинга опасных природных процессов и ПОО, которые позволяют контролировать обстановку на технологических объектах и разрабатывать мероприятия по предупреждению ЧС. К таковым следует отнести, например, системы наблюдения и контроля на магистральных газопроводах, эксплуатируемых в зонах природных опасностей.

По данным МПР России, ведение мониторинга экзогенных геологических процессов в составе государственного мониторинга состояния недр в 2014 г. осуществлялось на территории 78 субъектов РФ 68 территориальными и 8 региональными центрами ГМСН России.

Наблюдательная сеть за развитием экзогенных геологических процессов в составе ГМСН в 2004 г. включала более 1200 участков наблюдений и подразделялась на: государственную опорную наблюдательную сеть, ведомственную, муниципальную и объектовую наблюдательные сети.

5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЛОБАЛЬНОГО УРОВНЯ

5.1 Геофизический мониторинг

Методы и средства геофизического мониторинга

Для получения объективной информации о состоянии и уровне загрязнения различных объектов природной среды необходимо располагать надежными средствами и методами экологического контроля. Повышение эффективности контроля за состоянием природной среды может быть достигнуто повышением производительности, оперативности и регулярности измерений, увеличением масштабов охвата одновременным контролем и автоматизацией и оптимизацией технических средств и процесса контроля.

С помощью набора инструментальных методов химического, физико-химического, микробиологического анализа и других видов наблюдений постоянно отслеживаются состав и техногенные загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод суши, почв, морской воды, геологической среды, а также состояние и поведение источников антропогенных воздействий. Здесь мониторинг смыкается с функциями технологического контроля.

В развитых индустриальных странах техника приборного контроля качества водной и воздушной среды быстро совершенствуется. Разработаны и применяются коммутационные системы непрерывного автоматического слежения за концентрациями загрязнителей воздуха, техника автоматического экспресс-анализа стоков, телеметрические спектральные анализаторы эмиссий в устьях источников, а также разнообразные портативные индикаторные приборы. В последнее время в Интернет появились серверы, содержащие разнообразную и постоянно обновляющуюся информацию о данных экологического мониторинга в странах Западной Европы, США, Канады и Японии.

Средства экологического мониторинга подразделяются на контактные и неконтактные; а контролируемые показатели – на функциональные (продуктивность, оценка круговорота веществ и др.) и структурные (абсолютные или относительные значения физических, химических или биологических параметров: концентрация загрязняющего вещества, коэффициент суммарного загрязнения и др.). Среди контактных методов контроля различают методы, использующие прямое измерение параметра и косвенное (рисунок 7). В результате прямого измерения искомый параметр определяется непосредственно, например показатель pH (метод pH-метрии). При косвенном измерении искомый параметр получают с использованием различных калибровочных графиков, таблиц и пр.

Эффективность любого метода наблюдений и контроля за состоянием природной среды оценивается следующими показателями в их совокупности:

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

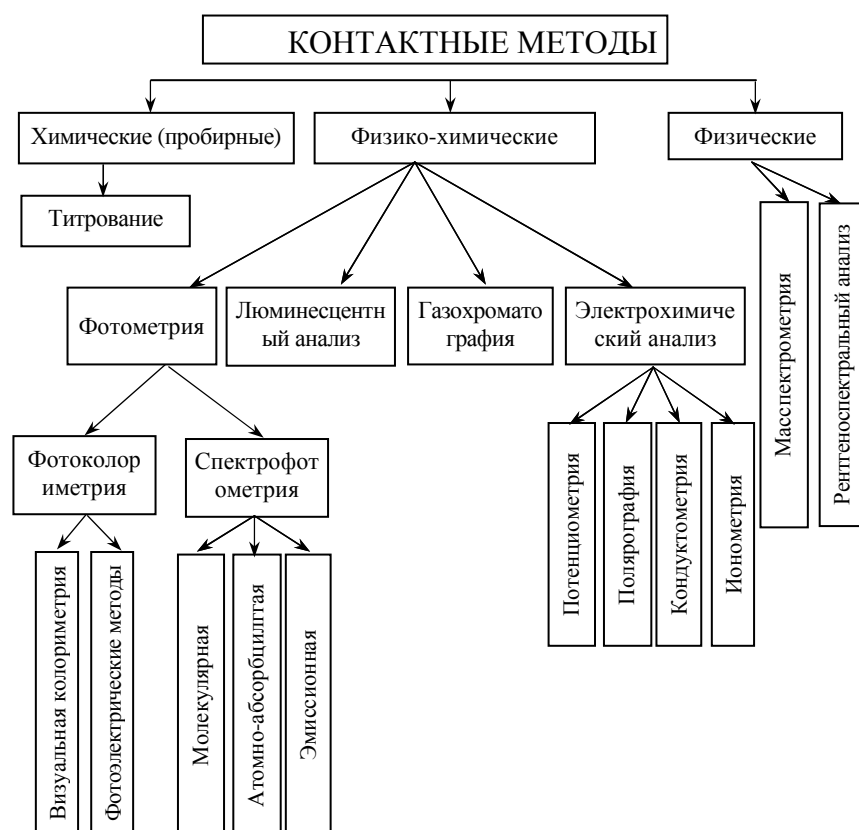


Рис.7. – Структура контактных методов наблюдения и контроля за состоянием природной среды

Основным требованием к выбираемому методу является его применимость в широком интервале концентраций элементов (веществ): от следовых содержаний в незагрязненных объектах фоновых районов до высоких концентраций в районах техногенного воздействия.

Контактные методы контроля. Наиболее распространена обширная группа физико-химических методов.

Фотометрический метод основан на сравнении оптических плотностей исследуемой и контрольной жидкостей, определяемых по закону Бугера – Ламберта – Бера: $D = abc$,

где D – оптическая плотность раствора; a – коэффициент поглощения при определенной длине волны; b – толщина кюветы; c – концентрация исследуемого элемента (вещества). При постоянных значениях a и b зависимость между оптической плотностью раствора и концентрацией загрязнителя должна быть линейной.

К разновидностям фотометрического метода анализа относятся фотоколориметрический (визуальная фотоколориметрия, фотоэлектроколориметрия) и спектро-фотометрические фотоколориметрические методы (с поглощением полихроматического света). Для визуальной фотоколориметрии используют приборы визуального сравнения: пробирки, ручные колориметры, визуальные фотометры; для фотоэлектроколориметрии – фотоэлектрические фотометры, которые являются

двухлучевыми приборами с двумя фотоэлементами. Чувствительность определения соединения зависит от природы элемента соединения и составляет 0,02-20 мкг/мл пробы.

Спектрофотометрические методы анализа отличаются от фотоколориметрических использованием поглощения монохроматического света. Чувствительность определения различных элементов и соединений спектрофотометрами 0,08-20 мг/мл пробы. Частными случаями спектрофотометрии являются турбидиметрический и нефелометрический методы анализа, применяющиеся для определения количества веществ, находящихся во взвешенном состоянии, посредством измерения интенсивности прохождения (турбидиметрический) или рассеивания (нефелометрический) света в контролируемом растворе пробы. Для измерений турбидиметрическим методом служат спектрофотометры различных типов с синим светофильтром, а также специальные приборы – мутномеры. Рассматриваемый метод пригоден для измерения концентраций порядка несколько частей на миллион. Нефелометрический метод анализа более чувствителен для сильно разбавленных суспензий и при благоприятных условиях может дать точность, сравнимую с точностью других колориметрических методов.

В основе спектрофотометрии (спектрально-эмиссионного метода) лежит излучение световой энергии атомами, ионами, реже молекулами. Излучаемые молекулами, атомами, ионами эмиссионные линейчатые спектры не зависят от вида химических соединений, из которых состоит исследуемое вещество. Поэтому этот вид анализа применяется для элементного состава проб воды и почвы. Метод является универсальным, высокочувствительным, экспрессным и точным; кроме того, он позволяет одновременно анализировать до 30 элементов в одной пробе.

Атомно-абсорбционный спектральный анализ основан на способности свободных атомов элементов селективно поглощать резонансное излучение определенной для каждого элемента длины волны. Метод универсален, прост, высокопроизводителен и позволяет выделить более семи элементов с точностью 0,1-0,01 мг/л.

Люминесцентный (флуориметрический) метод использует появление сильной флуоресценции у некоторых веществ (нефтепродуктов, фенолов и др.) при воздействии на них ультрафиолетовым излучением. Приборы для люминесцентного анализа называются спектрофлуориметрами.

Газохроматографический метод основан на селективном разделении соединений между двумя несмешивающимися фазами, одна из которых неподвижна (жидкость или твердое тело), а другая – подвижна (инертный газ – носитель). Рассматриваемый метод позволяет определять ничтожно малые количества веществ, не обладающих специфическими реакциями, анализировать смеси, состоящие из десятков и сотен компонентов с близкими свойствами.

Электрохимические методы анализа используют зависимость различных электрических свойств среды от количественного и качественного состава исследуемого вещества:

- изменение потенциала электрода в зависимости от физико-химических процессов, протекающих в веществе (потенциометрический метод);

- изменение электропроводности и диэлектрической проницаемости вещества в зависимости от концентрации и природы ее компонентов (кондуктометрический метод);
- реакции ионоселективных электродов, обратимых к большому числу катионов и анионов (ионометрический метод).

К этой же группе методов относится полярографический метод, использующий принцип восстановления анализируемого соединения на ртутном капаящем электроде, как правило, при анализе следовых количеств веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях. Полярографы имеют чувствительность, равную 0,005-1 мкг/мл пробы.

Масс-спектрометрический метод заключается в ионизации газообразной пробы электронной бомбардировкой, после чего образующиеся ионы подвергаются воздействию магнитного поля. В зависимости от массы и заряда ионы отклоняются с различной скоростью и соответствующим образом разделяются.

Рентгеноспектральный анализ состоит в изучении спектров различных элементов и веществ под воздействием рентгеновского излучения.

Неконтактные методы измерений. Контактные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды дополняются неконтактными, основанными на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществлять взаимодействия с контролируемым объектом и переносить полученную информацию к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля.

Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные (прием зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля) и активные (прием отраженных, прошедших или переизлученных зондирующих полей, созданных источником).

Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лидарных методов. Сначала радиоволны были использованы для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы (сантиметровые волны).

Область применения радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объемами воздушной среды (в радиусе 1-2 км). Приборы могут функционировать в наземных условиях и на борту аэроносителей.

Одной из причин появления отраженного акустического сигнала являются мелкомасштабные температурные неоднородности, что позволяет контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

Принцип лидарного (лазерного) зондирования заключается в том, что лазерный луч рассеивается молекулами, частицами, неоднородностями воздуха, поглощается, изменяет свою частоту, форму импульса, в результате чего возникает флюоресценция, которая позволяет качественно или количественно судить о таких параметрах воздушной среды как давление, плотность, температура, влажность, концентрация газов, аэрозолей, скорость и направление ветра. Преимущество лидарного зондирования заключается в монохроматичности, когерентности и

возможности изменять спектр, что позволяет избирательно контролировать отдельные параметры воздушной среды. Главный недостаток – ограниченность потолка наземного зондирования атмосферы влиянием облаков.

Среди методов неконтактного контроля природных вод наиболее распространены радиояркий, радиолокационный и флуоресцентный. Радиояркий метод обеспечивает одновременный контроль волнения, температуры и солености вод в диапазоне зондирующих волн от видимого до метрового. Радиолокационный метод заключается в приеме и обработке (амплитудной, энергетической, частотной, фазовой, поляризационной, пространственно-временной) сигнала, отраженного от взволнованной поверхности.

Для дистанционного контроля параметров нефтяного загрязненной водной среды (площадь покрытия, толщина, примерный химический состав) используется лазерный отражательный, лазерный флуоресцентный, фотографирование в поляризованном свете.

Флуоресцентный метод основан на поглощении оптических волн нефтью и различии спектров свечения легких и тяжелых фракций нефти. Оптимальный выбор длины возбуждающей волны позволяет по амплитуде и форме спектров флуоресценции идентифицировать типы нефтепродуктов.

Многообразие химических загрязнителей и других видов техногенных загрязнений соответствует широкая номенклатура методов и средств ЭАК. Для определения концентрации загрязняющих веществ служат разнообразные методы химического анализа: газовая и ионная хроматография, рентгенофлуоресценция, оптическая спектроскопия и др. Для измерений шума, инфразвука и вибраций применяют как отечественную, так и зарубежную аппаратуру: шумомеры, спектрометры, полосовые фильтры, вибродатчики. Измерение электрической и магнитной составляющей напряженности электромагнитного поля производят приборами типа ИЭМП, NFM-1 (ФРГ). Методы радиационного контроля основаны на измерении параметров ионизирующих излучений (мощность дозы, эквивалентная доза, поверхностная активность и др.) с помощью дозиметрических приборов.

Лаборатории различных министерств и ведомств, выполняющих эколого-аналитический контроль, имеют разную нормативно-методическую и метрологическую базу. Для достижения единства и требуемой точности измерений системы ЭАК должны иметь соответствующее метрологическое обеспечение: единые научные и организационные основы, нормативно-техническую документацию, методы и технические средства измерений. С этой целью формируется федеральный реестр методик ЭАК, аттестованных и прошедших метрологическую экспертизу.

В аппаратном обеспечении ЭАК существуют два направления. Первое – выпуск приборов общего назначения для контроля большого числа показателей разнотипных объектов (хроматографы, спектрофотометры, полярографы и т.п.), второе направление ориентировано на специальные приборы, предназначенные для определения конкретного агента в конкретном объекте. Такие приборы удобны для стационарных постов контроля, передвижных лабораторий и санитарно-промышленных лабораторий предприятий, где номенклатура загрязнителей ограничена.

Актуальным направлением аналитического приборостроения является создание многоцелевых приборных комплексов на блочно-модульной основе. Аналитический комплекс – это совокупность материальной (средства измерения, вычислительная техника, вспомогательное оборудование) и интеллектуальной (методики, программное обеспечение) составляющих анализа. В комплекс входят комплект аттестованных методик ЭАК и все приборы, технические средства, необходимые для их реализации. Удачным примером аналитического комплекса может служить многоцелевая лабораторная автоматизированная система эколога-аналитического контроля «Инлан».

В последние годы для решения задач экологического контроля и мониторинга все шире используется космическая техника. Получаемые с помощью систем спутниковой связи и оптико-электронных средств высокого разрешения данные используются для построения многослойных электронных карт различной тематики. Космические средства мониторинга в сочетании с наземными системами ЭАК позволяют создать мощную информационную базу для управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью на региональном, национальном и глобальном уровнях. Сведения о контрольно-измерительной технике, применяемой в промышленной экологии, можно найти в специальной литературе.

5.2 Климатический мониторинг

Функционирование системы глобального и регионального климатического мониторинга, служб сбора климатических данных необходимо для практического использования представляемой информации о климате при ведении и развитии хозяйства, изучении климата и его возможных изменений и колебаний, для целей оптимизации взаимодействия человека с природой.

Климатический мониторинг – информационная система, позволяющая выделить антропогенные изменения колебаний климата. Климат рассматривается как совокупность состояний атмосферы, повторяемость условий погоды и его можно описать набором статистических характеристик метеорологических величин.

Состояние атмосферы и характер протекающих в ней процессов зависят от физических свойств и состава атмосферы, от воздействующих на нее факторов и могут существенно меняться в результате взаимодействия атмосферы со всеми элементами биосферы и в первую очередь с подстилающей поверхностью.

Именно поэтому для понимания изменений и колебаний климата необходимы данные о состоянии климатической системы "атмосфера – океан – поверхность суши – криосфера – биота" и о взаимодействии элементов этой системы за длительный период времени, т.е. осуществление климатического мониторинга.

Климатический мониторинг и службы получения климатических данных могут быть направлены на решение практических и научных задач. Решение множества практических прикладных задач в сельском хозяйстве, водном хозяйстве, энергетике, строительстве, морских отраслях и других видах хозяйственной деятельности требует обширной климатической информации.

Для получения основных климатических данных и информации, необходимой для анализа изменчивости климата, проводятся измерения температуры воздуха (включая ежедневные экстремальные значения), атмосферного давления, влажности воздуха, скорости и направления ветра, интенсивности осадков, определение

состояния облачности, включая нижнюю границу облачности. В настоящее время в мире функционируют 40 тысяч климатических и 140 тысяч дождемерных станций. Эти станции распределены на земном шаре крайне неравномерно на некоторых континентах их явно недостаточно.

Международный обмен основными погодными данными осуществляется Всемирной службой погоды (ВСП) и Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Всемирная служба погоды состоит из глобальной системы наблюдений, глобальной системы телесвязи и глобальной системы обработки данных. Глобальная система наблюдений состоит из наземной и спутниковой подсистем.

Наземная подсистема базируется на опорной синоптической сети (синоптические и аэрологические станции). Информацию этой подсистемы составляют также данные с судов и самолетов, метеорологических радиолокаторов, различных систем зондирования атмосферы.

Спутниковая подсистема состоит из двух систем: спутники, расположенные на околополярных орбитах, а также геостационарные метеорологические спутники, получают информацию со спутников, которая включает данные о вертикальных профилях температуры и влажности, о температуре поверхности моря, поверхности суши и верхнего слоя облаков, данные о поле ветра (получаемые из наблюдений за перемещением облаков), о количестве облачности и высоте верхней границы облаков, о снежном и ледяном покрове, радиационном балансе.

5.3 Агроэкологический мониторинг

Агроэкологический мониторинг является важной составляющей общегосударственной системы мониторинга и имеет целью обеспечение наблюдений за состоянием агроэкосистем в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

В задачи агроэкологического мониторинга входят:

- организация наблюдений за состоянием агроэкосистем;
- получение и оценки системной информации порегламентированным набором показателей, характеризующих состояние основных компонентов агроэкосистемы;
- прогнозирование возможных изменений состояния агроэкосистемы в ближайшей или отдаленной перспективе;
- разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации эффективности агроэкосистем, а также для предупреждения экстремальных ситуаций и обоснования путей выхода из них.

Агроэкологический мониторинг должен быть комплексным, непрерывным и системным.

Комплексность агроэкологического мониторинга предусматривает одновременно наблюдения за основными группами показателей, отражающих особенности агроэкосистем – это показатели ранней диагностики изменений, а также ряд показателей, характеризующих кратко- и долгосрочные изменения.

Непрерывность мониторинга предусматривает периодичность наблюдений по каждому показателю с учетом возможных темпов и интенсивности их изменений.

Системность мониторинга заключается в одновременном исследовании всех компонентов системы: атмосфера – почва – вода – растение – животное – человек за

гидрометеорологическими, агрохимическими и микробиологическим показателям.

В агроэкологическом мониторинге выделяют две взаимосвязанные информационные подсистемы: научную и производственную.

Научной базой является полигонный агроэкологический мониторинг, который осуществляется на участках длительных опытов, постоянных участках наблюдений и реперных точках. При соответствующем оснащении современным инструментальным оборудованием научная подсистема позволяет проводить фундаментальные исследования по широкому спектру агроэкологических вопросов.

Производственная подсистема включает сплошной мониторинг всех сельскохозяйственных площадей сравнительно небольшим набором показателей с периодичностью 5-15 лет.

Использование в качестве полигонов опорных хозяйств, направленных на экологическое и агрохимическое оценивание, позволяет оценить уровень насыщенности почв органическими и минеральными удобрениями, интенсивность использования химических средств защиты растений, стимуляторов роста, мелиорантов и др.

Агроэкологический мониторинг должен охватывать весь спектр систем земледелия, в частности:

- с *интенсивным земледелием*, что обеспечивает максимальную для данных условий производительность севооборотов на основе использования прогрессивных (в частности, интенсивных) технологий обработки почвы и ухода за сельскохозяйственными культурами (1-й уровень производительности);

- с *использованием интегрированных систем* удобрений и средств защиты растений, обеспечивают высокую производительность на основе низких и средних доз удобрений и «мягких» способов химической защиты растений с учетом экологических порогов вредности (2-й уровень производительности);

- с *биологическим способом* ведения земледелия (использование только органических удобрений, промежуточных культур, запахивания соломы и т.п.) при использовании севооборотов с достаточным содержанием бобовых, на основе биологической и агротехнической систем защиты растений (3-й уровень производительности);

- с *эстенсивным способом* ведения земледелия, отражающий современное естественное плодородие почв данной зоны (4-й уровень производительности).

Локальный агроэкологический мониторинг проводят в производственных условиях на площадях опытно-показательных и базовых хозяйств, расположенных в основных почвенно-климатических регионах, и он включает:

– систематические наблюдения за состоянием агроэкосистем под влиянием интенсивного применения средств химизации;

– оценивание и прогнозирования изменений состояния агроэкосистем в зависимости от техногенной нагрузки;

– изучение и оценка высокоэффективных экологически безопасных технологических приемов в земледелии и разработка мер по их широкому применению в производственных условиях.

В системе локального агроэкологического мониторинга, как правило, проходят испытания основные технологические решения, полученные на полигонных объектах.

Сплошной агроэкологический мониторинг осуществляют учреждения «агрохимслужбы», которые периодически (через 5-15 лет) обследуют почвенную среду (рН, содержание гумуса, эродированность, засоленность, содержание активных форм азота, фосфора и калия). По данным этих обследований составляют почвенные и агрохимические описания, в которых дают всестороннюю характеристику землепользования хозяйств и рекомендации по его улучшению. Составляют также карты и картограммы. При проведении таких обследований выявляют антропогенные, эрозионные и другие изменения свойств почв и состояния почвенного покрова.

При сплошном агроэкологическом мониторинге предусматривают также ежегодное комплексное минеральное питание на основных этапах органогенеза.

Для проведения мониторинга на типичных по почвенным покровам полях с разной интенсивностью химических нагрузок выделяют стационарные участки (реперные площадки), на которых изучают динамику широкого набора показателей, которые являются основой для дальнейшего экологического оценивания технологий, применяемых. Фоновые площадки организуют на ближайших грунтовых аналогах, не испытывают антропогенного воздействия (целина, залежи, природные угодья). Перспективным направлением сплошного агроэкологического мониторинга считается полная аэрокосмическая съемка.

Программа агроэкологического мониторинга предусматривает:

- определение потерь почвы за счет водной и ветровой эрозии (дефляции);
- определение кислотности, щелочности и водно-солевого баланса почв;
- выявление регионов с нарушенным балансом основных элементов питания растений, в частности, доступных форм азота и фосфора;
- определение уровней загрязнения почв тяжелыми металлами, пестицидами, детергентами и бытовыми отходами.

Многообразие природных условий и антропогенных факторов обуславливают необходимость разработки дифференцированных программ агроэкологического мониторинга.

Начальный этап (*первый уровень*) позволяет оценить состояние почв и почвенного покрова, масштабы антропогенного воздействия, направленность и интенсивность развития негативных процессов и выбрать объекты для дальнейших исследований.

Стационарная форма (*второй уровень*) агроэкологического мониторинга реализуется по расширенной программе комплексных исследований параметров почв, водно-солевых режимов и балансов, геохимической миграции элементов, а также процессов, протекающих в почвенной среде.

Сокращенная форма (*третий уровень*) агроэкологического мониторинга реализуется по сокращенной программе в процессе маршрутных обследований заранее определенных участков или маршрутов (выбранных по тому же принципу, что и стационарные). При этом основное внимание уделяется репрезентативным диагностическим показателям, наиболее динамично меняющимся во времени (кислотность, окислительно-восстановительный потенциал, плотность и структурное

состояние почвы, поглощающая емкость и т.д.). Маршрутные обследования пространственно могут быть привязаны к стационарным участкам или проложены в самостоятельных направлениях.

Набор показателей для эколого-токсикологической оценки определяется с учетом почвенно-климатических характеристик региона, возможностей загрязнения агроэкосистем выбросами близко расположенных источников загрязнений (учитываются состав, объемы и токсичность всех ингредиентов выбросов), а также технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Обязательным является проведение начального химического анализа состояния поверхностных и грунтовых вод, почв (в частности, загрязнение биогенными элементами и соединениями *Cl, P, Se, B, Dr, As, NO₃, NO₂*; тяжелыми металлами *Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co, Mo, Ni, Hg, V, Sn*; остатками пестицидов, бенз (а) пиреном, диоксинами). При этом используют технологические карты и архивные материалы.

Показатели выбирают, сравнивая полученные результаты со справочными материалами, с последующей *дифференциацией* их по группам:

- по показаниям, не превышающих нормальную концентрацию;
- по показаниям, не превышающих допустимую концентрацию;
- по показаниям, превышающих допустимую концентрацию.

Обязательным является также условие предварительного анализа вод, почв и растений на фоновой территории (на достаточно большом участке ненарушенного ландшафта). Площадь фоновой участка зависит от природно-климатических условий региона - при достаточной залесенности и низком антропогенном воздействии такая площадь может быть на уровне 1- 1,5 га. В степных регионах, особенно при наличии экологически опасных предприятий, указанные площади должны быть в 100-200 раз больше.

Наблюдение за накоплением растениями токсичных соединений и качеством растительной продукции относится к числу важнейших задач агроэкологического мониторинга. Токсикологическая же оценка продукции растениеводства определяет эколого-экономическую эффективность всего комплекса выращивания культурных растений. Комплексная программа агроэкологического мониторинга предусматривает обязательный учет целого ряда унифицированных показателей, позволяющих объективно оценивать действие различных факторов на качественное состояние гумуса почв. Основные принципы этой программы:

-на постоянных пунктах наблюдений (реперные площадки) проводят контроль гумусного состояния;

-повторные исследования содержания и запасов гумуса в почвах проводят через 5- 10 лет (практически за период ротации севооборота);

-изучение фракционно-группового состава почвы и исследования содержания, запасов и качественных показателей гумуса по всем органическим профилям;

-учитывание урожая основной и побочной продукции, корневых и питательных остатков, определение рН, гидролитической кислотности, содержание азота в поглощающем комплексе, определения биологической активности почв и т.д.

Своеобразным и уникальным природным индикатором антропогенного воздействия на агроэкосистемы является гумусные соединения почв, в которых замыкаются и трансформируются биогеохимические потоки вещества и энергии.

Наиболее полную информацию о гумусном состоянии получают при использовании совокупной системы структурно-статистических диагностических показателей, установленных на основе комплекса методов физико-химического анализа. Параметры деградации гумусовых соединений целесообразно подавать в виде относительных единиц, поскольку абсолютные значения существенно варьируют в зависимости от типа почвы и его гранулометрического состава. При этом, за 100% принимают значения показателей гумусовых соединений на фоновых участках недеградованных почв.

Полученные значения показателей деградации необходимо корректировать с учетом степени деградации гумусовых соединений в зависимости от гранулометрического состава почвы, путем введения поправочных коэффициентов.

Для однолетних бобовых культур массу органического вещества, общего и симбиотического азота, поступающих в почву, *определяют ежегодно* в конце вегетации, а для многолетних трав – в год растворения их пласта.

Запас активных фосфатов (фактор емкости) для каждого типа почвы определяют стандартным методом. В системе агроэкологического мониторинга для решения задач оптимизации питания растений часто применяют методы биоиндикации, основанные на определенной зависимости химического состава растений по фазам и периодам вегетации от количественного и качественного состава удобрений.

Очевидно, что эколого-агрохимическая оценка фосфорных удобрений должна также включать информацию о наличии в составе удобрений опасных для окружающей среды примесей. Тяжелые металлы, фтор и другие загрязняющие вещества необходимо определять как в самих удобрениях, так и в почве, и в растительной продукции.

Учитывая возможность загрязнения окружающей среды, необходим постоянный контроль за качеством органических удобрений, содержанием в них токсичных веществ, а также контроль за накоплением последних в почве и растениях.

Важнейшими показателями качества почвы является биомасса микроорганизмов, интенсивность протекания биохимических процессов, таксономический состав и функциональное разнообразие микрофлоры. Поэтому одной из первоочередных задач агроэкологического мониторинга является оценка параметров биологической активности почв с разным плодородием и создание банков нормативной информации, необходимой для оптимизации управления плодородием почв и охраной окружающей среды. Такую оценку проводят на основных типах почв в различных природных зонах.

Таким образом, *цели микробиологических исследований* в рамках агроэкологического мониторинга заключаются в:

– получении информации об основных параметрах биологических свойств почвы;

- оценивании соответствия почв нормативным требованиям;
- прогнозировании возможных путей эволюции почв под влиянием агротехнических мероприятий;
- поддержке управленческих решений путем разработки рекомендаций по корректировке агротехнических приемов для обеспечения расширенного воспроизводства почвенного плодородия и высокой производительности агроэкосистем.

Специфика информации, получаемой в рамках агроэкологического мониторинга, обуславливает целесообразность формирования двух баз данных: «Краткосрочные наблюдения» и «Долгосрочные наблюдения». Каждая база данных должна включать предметные разделы в виде каталогов и описаний опытов, материалов наблюдений, а также иметь паспорт севооборота, первичную информацию о ротации и поля севооборота и агрегированную информацию.

Система агроэкологического мониторинга должна охватывать весь агропромышленный комплекс, включая производство, переработку и хранение продукции, материально-техническое обслуживание. Только при таком подходе концепция экологизации сельского хозяйства может получить реальную основу для практической реализации.

5.4 Лесной мониторинг

Лесной мониторинг является частью проводимого в национальных парках экологического мониторинга и служит целям получения объективной информации о состоянии лесных ресурсов.

На основании получаемой при этом информации принимаются оперативные решения или разрабатываются специальные программы по предупреждению отрицательных воздействий на лесные экосистемы факторов внешней среды или нерациональной хозяйственной деятельности, а также по ликвидации последствий подобных воздействий.

Программы мониторинга в установленном порядке рассматриваются и утверждаются МПР России.

Лесной мониторинг ведется специалистами лесной службы национального парка по единой методике и включает три основных вида наблюдений:

- 1) мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда;
- 2) лесопатологический мониторинг;
- 3) лесопожарный мониторинг.

Основой для организации лесного мониторинга служат нормативно-методические материалы, действующие в системе лесного хозяйства: “Положение о лесном мониторинге”, введенное в действие Рослесхозом 21.02.95 г., “Положение о лесопатологическом мониторинге”, введенное в действие Рослесхозом 12.09.97 г., а также материалы лесоустройства, которое выполняется по специально разработанной для национальных парков методике.

Организуя лесной мониторинг, национальные парки сотрудничают с региональными природоохранными структурами и научно-исследовательскими организациями и привлекают их к разработке рабочих программ сбора, обработки, хранения и использования информации, необходимой для обоснования управленческих решений.

Специальные наблюдения и исследования, необходимые для анализа и прогноза экологической ситуации в лесных экосистемах, для обоснования и разработки мероприятий по уходу за состоянием лесов, организуются научной службой национального парка с привлечением внешних научных организаций и отдельных специалистов.

Мониторинг лесов в соответствии с кругом решаемых задач подразделяется :

- 1) мониторинг лесных ресурсов;
- 2) мониторинг земель лесного фонда;
- 3) лесопожарный мониторинг;
- 4) лесопатологический мониторинг (система контроля за нарушениям устойчивости лесов, численностью, распространению вредителей, болезней и других природных и антропогенных факторов, ослаблением и усыханием лесов).

Специальные виды мониторинга обеспечивают слежение за распространенностью и степенью воздействия на состояние лесов промышленных и других видов антропогенного загрязнения среды.

Таким образом, целями мониторинга лесов являются:

- 1) Оперативное отслеживание и регистрация текущих изменений в состоянии лесных ресурсов, их анализ и прогнозирование состояния лесов, динамики его основных характеристик.
- 2) Информационная поддержка принятия решений управлению лесным хозяйством.

Лесные ресурсы группируются следующим образом:

- 1) сырьевые леса
- 2) оздоровительные леса
- 3) санитарно-курортные леса
- 4) полезащитные леса
- 5) водоохранные леса

Все леса, за исключением лесов, расположенных на землях обороны и землях населенных пунктов, а так же земли лесного фонда, не покрытые лесной растительностью, образуют лесной фонд.

В зависимости от особенностей и функционального назначения земли лесного фонда делятся на **лесные и нелесные**. К лесным землям относятся земли, покрытые лесной растительностью, и не покрытые ею, но предназначенные для выращивания леса (вырубки, гари, пустыри, питомники). К нелесным относят земли, предназначенные для нужд лесного хозяйства, а так же земли, расположенные в границах лесного фонда.

В соответствии с экономическими, экологическими и социальными назначениями лесного фонда, его местоположением и выполняемыми функциями производят разделение лесного фонда по группам лесов и разграничение лесов первой, второй и третьей группы.

- 1) К лесам **первой группы** относят леса, основное назначение которых – выполнение водоохранных, защитных, оздоровительных и других функций, а так же леса особо охраняемых природных территорий (ООПТ – 20 % лесного фонда).

2) К лесам **второй группы** относятся леса в районах с высокой плотностью населения; леса, выполняющие водоохранные, защитные и иные функции, имеющие ограниченное эксплуатационное значение, а так же леса районов с недостаточными лесными ресурсами, сохранение которых требует ограниченного режима лесопользования (10 % лесного фонда)

3) К лесам **третьей группы** относят леса многолесных районов, имеющих преимущественно эксплуатационное значение. Леса третьей группы делятся на *освоенные и резервные* (70 % лесного фонда)

Классификация по целевому назначению:

1) эксплуатационные (сырьевые); 2) защитные; 3) резервные

Функции лесных массивов:

1) играют существенную роль в глобальных круговоротах углерода и кислорода, во многом воздействуя на состав атмосферы.

2) ассимилируют экологически вредные выбросы, поддерживая чистоту окружающей, прежде всего, воздушной среды, а также уменьшают шумовое загрязнение.

3) обеспечивают микроклиматические эффекты, а в планетарном масштабе формируют глобальный климат.

4) оказывают большое влияние на водообмен и состояние водных экосистем

5) предотвращают эрозию почвы, препятствуют образованию оврагов и оползней, а также сохраняют ландшафты и плодородие почв.

6) являются местом обитания для большинства видов растений и животных, то есть служат естественным и обязательным условием сохранения биоразнообразия на планете

7) рекреационные и эстетические функции

8) сырьевые функции

Организационная структура лесного мониторинга

Лесной мониторинг ведется на трех уровнях:

1) Федеральный (федеральная служба лесного хозяйства РФ)

2) Региональный (органы управления лесным хозяйственным фондом РФ)

3) Локальный (лесхозы, национальные парки, учебные и опытные лесные хозяйства)

Основные функции федерального уровня лесного мониторинга:

1) Организация и ведение сбора, обработки и хранения информации о текущем изменении состояния лесного фонда

2) Разработка федеральных программ лесного мониторинга

3) Организация проведения наблюдений

4) Проведение специализированных обследований и экспертиз в случае стихийных бедствий

Основные функции лесного мониторинга на региональном уровне:

1) Ведение мониторинга на территории района [закладка сети наблюдений, проведение наблюдений, сбор данных о текущем состоянии лесного фонда]

2) Разработка и адаптация методического обеспечения для организации и ведения лесного мониторинга с учетом специфики региона

3) Обеспечение данными необходимого состава и точности федерального мониторинга

На локальном уровне ведение лесного мониторинга заключается в регистрации текущих изменений состояния лесного фонда, связанных с

лесохозяйственной деятельностью, лесонарушениями, лесными пожарами, а так же проведение общего лесопатологического контроля и передача этих данных на региональный уровень.

При ведении лесного мониторинга используются все методы и средства, применяемые в лесном хозяйстве для наблюдения за состоянием лесных земель и лесных ресурсов, а так же специально разрабатываемые методики и технологии ведения мониторинга.

Основой лесного мониторинга является единая информационная система, позволяющая интегрировать информацию, получаемую по разным направлениям лесного хозяйства (лесоустройство, лесопользование, лесозащита, лесовосстановление) и хранящуюся в соответствующих базах данных.

Источники информации для ведения лесного мониторинга:

- 1) Материалы текущего и непрерывного лесоустройства
- 2) Данные и документации ведущиеся при учете лесного фонда
- 3) Материалы лесопатологических исследований
- 4) Данные государственной статистической отчетности по лесному хозяйству и лесопользованию
- 5) Данные дистанционного зондирования
- 6) Данные в пунктах постоянного наблюдения
- 7) Данные радиационного и химического контроля
- 8) Данные метеонаблюдений

5.5 Мониторинг растительного и животного мира

Мониторинг растительного мира является составной частью мониторинга окружающей естественной среды. Система мониторинга растительного мира направлена на повышение уровня изучения и знаний о состоянии природных растительных ресурсов; повышение оперативности и качества информационного обслуживания пользователей на всех уровнях; повышение качества обоснования мероприятий по рациональному и эффективному использованию объектов растительного мира; содействие развитию международного сотрудничества в отрасли охраны растительного мира, рационального использования и воссоздания природных растительных ресурсов. Основными задачами государственного мониторинга в отрасли охраны и использования растительного мира является:

- 1) проведение государственной экологической, научно-технической и экономической политики, направленной на сохранение и воссоздание безопасного для существования растительного мира окружающей среды;
- 2) государственный контроль за выполнением требований законодательства по вопросам использования и охраны природных растительных ресурсов;
- 3) ведение государственного учета, кадастра и мониторинга растительного мира;
- 4) осуществление нормативно-правовой регуляции относительно использования растительного мира;
- 5) организация проведения государственной экологической экспертизы относительно сохранения естественных (природных) растительных группировок;
- 6) обоснование целесообразности разработки государственных и региональных экологических программ по результатам изучения и исследования

состояния растительного мира или отдельных региональных проблем использования природных растительных ресурсов;

7) осуществление международного сотрудничества по вопросам охраны использования и воссоздания растительного мира.

ГМОЖМ проводится в целях своевременного выявления параметров состояния (распространение, численность, физическое состояние), а так же структура, качество и площадь среды обитания, оценки изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов и явлений для сохранения биологического разнообразия, обеспечения устойчивого развития объектов животного мира и научно обоснованного их использования.

Проводятся следующие виды мониторинга объектов животного мира:

- 1) Объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты
- 2) Объекты рыболовства
- 3) Объекты, занесенные в Красную книгу
- 4) Объекты, занесенные в специальный перечень вредителей леса
- 5) Объекты, представляющие опасность здоровью человека

Порядок ведения ГМОЖМ устанавливается приказом № 344 «Об утверждении порядка государственного мониторинга природных ресурсов»

5.6 Фоновый экологический мониторинг

Фоновое загрязнение ОС изменяется в основном за счет распространения антропогенных загрязняющих веществ в атмосфере на большие расстояния. Это обусловлено тем, что антропогенный выброс в атмосферу смешивается и переносится естественными потоками вещества. Загрязняющие вещества в процессе переноса претерпевают изменения, осаждаются на земную поверхность и включаются в природные процессы миграции. В фоновых районах, удаленных от мест антропогенной деятельности, происходит накопление загрязнителей. В связи с этим необходима система наблюдений за антропогенными изменениями ОС на фоне ее естественной изменчивости. **Фоновый мониторинг (ФМ)** должен выявить глобальные тенденции антропогенных изменений биосферы на фоновом уровне загрязнения. Поэтому перечень приоритетных загрязнителей и мест контроля определяется масштабами воздействия.

Фоновый мониторинг ОС – это составная часть Мониторинга ОС, осуществляющая наблюдения за процессами и явлениями, характеризующими загрязнение природной среды районов, не подверженных прямым антропогенным воздействиям и реакцию биоты на эти загрязнения.

В системе глобального мониторинга ФМ выполняет роль точки нулевого отсчёта на шкале градаций антропогенного загрязнения ОС.

Основными задачами ФМ, как составной части глобального и регионального мониторинга окружающей среды, являются:

1. Получение данных о современном уровне загрязняющих веществ в районах, которые наименее подвержены антропогенному воздействию, – определение так называемого фонового уровня загрязнений;
2. Оценка изменения и тенденций изменения фонового уровня, загрязняющих веществ;
3. Установление реакции абиотических и биотических элементов биосферы на загрязнение ОС;
4. Оценка фактического состояния окружающей среды сравнением результатов наблюдений исследуемого района с фоновыми данными;
5. Составление прогноза состояния природной среды в будущем.

К основным видам ФМ относятся химический, физический, геофизический и экологический мониторинг ОС.

Химический мониторинг – это составная часть мониторинга ОС, предназначенная для оценки масштабов геохимического воздействия на биосферу и определение степени и характера химического загрязнения окружающей среды.

Физический мониторинг – это составная часть мониторинга ОС, осуществляющая наблюдения за физическими параметрами биосферы и общей оценкой состояния среды.

Геофизический мониторинг – это составная часть мониторинга ОС, проводящая наблюдения за абиотической частью биосферы и реакциями на то или иное воздействие в макро масштабе, вплоть до таких глобальных как погода или климат.

Экологический мониторинг – составная часть мониторинга ОС, осуществляющая наблюдения, оценку и прогноз ответных реакций экосистем на естественные или антропогенные воздействия.

Особенностью ФМ является то, что он проводится параллельно как по национальным, так и по глобальным программам и, таким образом, является результатом объединённого труда всего человечества.

Основная цель мониторинга ОС состоит в получении информации:

1. Об исходном состоянии (том числе и в прошлом) окружающей среды в различных регионах Земли;
2. О современном уровне загрязнения ОС;
3. О путях и скоростях распространения ЗВ по земному шару;
4. О накоплении ЗВ в отдельных звеньях биосферы;
5. Выявление наиболее уязвимых, по отношению к ЗВ, экосистем или их элементов;
6. Прогнозирование тенденций изменения качества среды, как в национальных, так и в мировом масштабах.

Программа фоновых наблюдений предусматривает:

1. Исследование состояния геофизических и физико-географических параметров среды фоновых объектов (ФО) – биосферных заповедников, региональных и базовых постов наблюдения (ПН);
2. Наблюдения за характером, составом, круговоротом и миграцией ЗВ;

3. Выявление реакции биоты на уровне отдельных популяций, экосистем и биосферы в целом.

Станции фоновых наблюдений делятся на базовые и региональные

Базовые посты наблюдения (БПН) размещаются в районах, не подверженных непосредственному антропогенному воздействию, и дают информацию об исходном состоянии биосферы. На Земле таких станций 30-40 на суше и около 10 в Мировом океане.

Региональные посты наблюдения (РПН) располагаются вблизи урбанизированных территорий и дают информацию о состоянии биосферы в подверженных антропогенному влиянию районах.

Поскольку ФМ является подсистемы глобального и регионального (национального), то сеть станций обеспечивает решение задач и для этих систем мониторинга. Для проведения систематических комплексных наблюдений и измерений фонового уровня ЗВ антропогенного происхождения созданы станции комплексного фонового мониторинга. Они расположены в биосферных заповедниках.

В результате проведения комплексного наблюдения ФМ решаются задачи:

1. Определение уровня ЗВ;
2. Оценка тенденции изменения уровней ЗВ;
3. Определение пространственного распределения ЗВ в природных средах.

Биосферный заповедник (БЗ) – это эталонный участок, охраняемой и наиболее характерной биосферы в определенной географической области мира.

В задачи БЗ входит сохранение природных экосистем и генофонда данного региона. Программа наблюдений в БЗ предусматривает получение информации о миграции, круговороте и балансе ЗВ в нем. При этом необходимо проследить:

1. Миграцию из атмосферы на подстилающую поверхность;
2. Миграцию в системе:
 - а) почва-растение;
 - б) почвогрунтовые воды;
 - в) почва-водоем;
3. Миграцию при внутриводоемных процессах.
4. Миграцию с подстилающей поверхности (грунт или вода) в атмосферу.

Базовые посты наблюдения (БПН) – это ПН, которые служат для получения информации об исходном (базовом, т.е. фоновом) состоянии биосферы и располагаются в районах с заведомо полным отсутствием непосредственного антропогенного воздействия не только в настоящее время, но и в ближайшие 50 - 100 лет.

С базовых ПН ведутся наблюдения за самыми медленными процессами, последствия которых могут быть наиболее опасными, так как они из-за своей инертности труднее выявляются, но охватывают всю планету.

Для глобальной сети мониторинга достаточно 30-40 БПН на континентах и до 10 – океанических.

Региональные посты наблюдения (РПН) фонового мониторинга (РПНФМ) – это ПН, которые предназначены для слежения за ситуацией в биосферных зонах, подверженных антропогенному влиянию, и выявлению причин негативных последствий в состоянии биосферы.

Региональные ПН могут располагаться как вблизи урбанизированных районов, так и на их границах. Программа наблюдений на РПНФМ должна учитывать региональные особенности и быть шире, чем на БПН. Поэтому, она является основой для корректировки программы наблюдений на БПН, а, следовательно, и для всей программы ФМ.

В соответствии с первоначальным перечнем, состоящим из 20 приоритетных загрязнителей, принятом в 1974 г. в Найроби, при фоновом МОС следует проводить наблюдения:

1. На БПН – лишь за пятью загрязнителями:

- а) в атмосфере – сернистый газ и взвешенные частицы, озон, двуокись углерода;
- б) в воде морей – углеводороды;

2. На РПН – за восемью ЗВ:

- а) в атмосфере – сернистый газ и взвешенные частицы, свинец;
- б) в воде – углеводороды нефти и ртуть;
- в) в пищевых продуктах, биоте и организме человека – радионуклиды, ДДТ и другие хлорорганические соединения, свинец, микотоксины, микробные загрязнения.

Разработана Программа фоновых наблюдений, удовлетворяющая как национальным интересам, так и ГСМОС, предусматривающая более широкий перечень контролируемых веществ, чем программа 1974 года, а именно:

1. Для атмосферного воздуха – сернистый газ, взвешенные частицы (аэрозоли), углерода окись и двуокись, азота окись и двуокись, озон, реакционно-способные углеводороды, пары ртути, содержание в аэрозолях свинца, мышьяка, кадмия, ДДТ, бенз(а)пирена, сульфат-ионов, натрия и хлора;

2. Для атмосферных выпадений (осадки, снежный покров и сухие выпадения) – ДДТ и другие хлорорганические соединения, кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, бенз(а)пирен, все анионы и катионы, такие как сульфаты, нитраты, хлориды, ионы аммония, кальция и пр., а также определение электропроводности и pH;

3. Для вод поверхностных и морских – ртуть (включая и метил-ртуть), мышьяк, кадмий, свинец, ДДТ и другие хлорорганические соединения, бенз(а)пирен, нефтепродукты (в морях) и биогенные элементы;

4. Для почвы – ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, ДДТ и другие хлорорганические соединения, бенз(а) пирен, биогенные элементы;

5. Для пищевых продуктов (сельскохозяйственные культуры, травы и пр.) – ДДТ и другие хлорорганические соединения, бенз(а)пирен, кадмий, ртуть, свинец и мышьяк.

Посты наблюдения ФМ

Программа всех фоновых наблюдений, вне зависимости от национальной или глобальной принадлежности программ, осуществляется на:

а) стационарных ПН – проводящих наблюдения за уровнем загрязнения в течение всего года;

б) передвижных ПН – осуществляющих наблюдения во время выездных экспедиций.

Включение в систему мониторинга космических ПН позволило повысить эффективность контроля загрязненности биосферы. Космические ПН (КПН) с помощью многоканальной спектральной съемки определяют границы антропогенных загрязнений, сезонные или технологические их изменения, а также фиксируют влияние природных катаклизмов (извержений, ураганов и т.п.) или механизмов (течений, ветров и температурных инверсий) на характер загрязнений окружающей среды.

Особое место в глобальном ФМ занимает экологический мониторинг и, как составная его часть, – **биологический мониторинг**.

Целью биологического мониторинга является не только определение уровня накопления ЗВ в биологических объектах, но и установление зависимости между количественным содержанием, скоростью изменения, временем воздействия ЗВ и реакцией биоты на эти процессы.

С этой целью уже контролируется уровень загрязненности бенз(а)пиреном, ДДТ, другими хлорорганическими соединениями и тяжелыми металлами сельскохозяйственных и лесных культур, трав, грибов, ягод, а также наличие их в организме животных, птиц, рыб и планктона.

При проведении наблюдений оцениваются различные параметры, основными из которых являются:

- а)** число индивидуумов в популяции;
- б)** разнообразие видов в сообществах;
- в)** распределение популяций, сообществ и т.д.;
- г)** круговорот биомассы и обмен энергией;
- д)** скорость роста индивидуумов;
- е)** характер физиологических и биохимических процессов;
- ж)** генетические и поведенческие изменения;
- и)** состояние здоровья и частота заболеваний;
- к)** рождаемость и смертность;
- л)** изменение миграции.

Фоновый мониторинг является частью глобального и регионального мониторинга.

Его целью является проведение долговременных систематических наблюдений за уровнем содержания загрязняющих веществ во всех объектах окружающей среды в районах, которые находятся на значительном расстоянии от источников вредных выбросов.

Таким образом, в результате проведения фоновый мониторинга должны быть выявлены глобальные тенденции в изменениях, происходящих в биосфере на фоновом уровне загрязнений при антропогенном воздействии.

Антропогенному воздействию в природе подвергаются (по Ю.А. Израэлю):

1. Население, его здоровье.

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

Б. Элементы природных экосистем, не используемые человеком.

3. Абиотические составляющие биосферы и отдельных экосистем.

А. Крупные составляющие биосферы, климатические системы, воздействие на которые ведет к геофизическим изменениям крупного масштаба.

Б. Абиотические природные элементы небольшого масштаба, но подверженные значительному антропогенному воздействию (береговые зоны, опушки леса и т.п.).

В. Созданные человеком (города, каналы, здания, машины и т.д.).

В городах и промышленных районах критическими для интенсивного воздействия являются объекты **1, 3Б и 3В**, в некоторой степени – **2А**.

Воздействию на фоновом уровне в широких масштабах подвергаются объекты **2А, 2Б и 3А**.

С заметным и недопустимым уровнем загрязнения (антропогенного воздействия) связаны:

- изменения климата,
- нарушения озонового слоя загрязнение Мирового океана,
- опустынивание,
- повреждение лесов,
- закисление природных сред,
- загрязнение природной среды радиоактивными изотопами,
- тяжелыми металлами,
- пестицидами и канцерогенными веществами.

Для осуществления фоновых наблюдений создана сеть станций, которые подразделяются на **базовые и региональные**.

Базовые станции обеспечивают получение информации об исходном состоянии биосферы и располагаются в районах, где отсутствует непосредственное антропогенное воздействие, в большинстве случаев в *биосферных заповедниках*.

На региональных станциях получается информация о состоянии биосферы в зонах, подверженных антропогенному влиянию. Они могут располагаться вблизи урбанизированных районов.

Считается, что для всего Земного шара достаточно 30-40 базовых станций на суше и до 10 на акватории Мирового океана. Число региональных станций и их расположение должны обеспечивать достаточно быстрое выявление всех негативных тенденций в данном регионе.

При размещении станций фоновый мониторинг следует учитывать

- климатические,
- топографические,
- почвенные,
- ботанические,
- геологические и другие характеристики местности,
- расположение и удаленность крупных источников загрязнения,
- наличие электроэнергии и
- возможность создания надлежащих бытовых условий персоналу.

Каждая станция должна иметь стационарный наблюдательный полигон и химическую лабораторию. Наблюдательный полигон обычно состоит из площадки (50x50 м), где проводятся гидрометеорологические наблюдения и отбор проб, огороженной забором и пересеченной рядом асфальтированных дорожек, и служебного здания в 15-20 м от площадки (одноэтажного площадью 20-25 м²), обеспеченного теплом и электроснабжением.

Химическая лаборатория (площадью 80-100 м²) должна находиться в 500 м от наблюдательного полигона, оборудована вентиляцией, водопроводом и канализацией. В ней осуществляется хранение, обработка и анализ отобранных проб, анализ и хранение полученных материалов. Лаборатория должна быть обеспечена необходимыми приборами, оборудованием, лабораторной посудой и химическими реактивами, иметь складское помещение. Если ведутся наблюдения за водным объектом, станция фоновый мониторинг должна иметь соответствующие объекту плавсредства.

Отбор проб атмосферного воздуха, атмосферных осадков, почвы и растений проводится на наблюдательном полигоне. Для отбора проб почв и биологических объектов могут быть также определены площадки за пределами станции. Пробы подземных вод отбираются обычно из существующих вблизи от станции скважин. Места отбора воды, донных отложений на водных объектах выбираются с учетом их характеристик (наличие плотин, оросительных систем, водозаборов, сбросов сточных вод, притоков). Выбору мест отбора проб может предшествовать комплексное обследование водного объекта.

На станциях фоновый мониторинг ведутся постоянные гидрометеонаблюдения и определения загрязняющих веществ в природных средах.

Состав показателей гидрометеорологических наблюдений: температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность, солнечное сияние, атмосферные явления (туман, метель, гроза и т.п.), количество и интенсивность осадков, снежный покров, температура почвы (на глубине до 20 см), состояние поверхности почвы, температура, влажность, скорость ветра, тепловой баланс.

На водных объектах: уровень, расход, температура воды, волнение, течения, ледовый покров, распространение водной растительности, уровень грунтовых вод.

Периодичность наблюдений – стандартная, принятая в гидрометеослужбе.

Программа наблюдений за загрязнениями на сухопутных фоновых станциях:

1. В атмосферном воздухе (2 м от подстилающей поверхности) определяют взвешенные вещества, аэрозольную мутность, озон, оксиды углерода, серы и азота,

сульфаты, нефтяные углеводороды, и другие химически опасные вещества, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк. Определения проводятся ежедневно.

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

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

4. В биологических объектах определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, и другие химически опасные вещества. Частота наблюдений зависит от природы объекта.

На морских фоновых станциях программа наблюдений включает:

определение загрязняющих веществ (нефтяные углеводороды, пестициды, тяжелые металлы, фенолы, СПАВ (синтетические поверхностные активные вещества) и вещества, специфические для данного района), показателей среды (растворенный кислород, сероводород, рН, БПК₅ (биохимическая потребность в кислороде за 5 суток), нитратный, нитритный и аммонийный азот, пятивалентный и общий фосфор, кремний), показателей гидрометеорологического режима (соленость, температура воды и воздуха, скорость и направление ветра и течений, прозрачность, цветность).

Частота наблюдений – один раз в сезон.

На региональных станциях фонового мониторинга возможно уточнение программы наблюдений в соответствии со спецификой данного региона.

Одним из частных случаев фонового мониторинга является фоновый мониторинг районов предполагаемого строительства промышленных и энергетических предприятий, геологической разведки и последующей добычи полезных ископаемых.

Цель такого фонового мониторинга – определить степень влияния нового антропогенного источника загрязнителей на данный регион. Поэтому он должен быть организован и начат как можно раньше, желательно на стадии начала разработки технического проекта данного объекта, и продолжаться в период строительства. Если период наблюдений до пуска объекта будет достаточно продолжителен, надежность прогноза фонового состояния региона и оценки влияния нового источника загрязнения возрастает.

Программа наблюдений в этом случае должна учитывать загрязнители, которые будут выбрасываться новым объектом, а частота наблюдений по возможности увеличена.

Учитывая временные колебания фоновых уровней загрязнения, для надежного прогнозирования их изменений, по-видимому, нужен ряд наблюдений длительностью хотя бы три года.

5.7 Аэрокосмический мониторинг

Использование аэрокосмического мониторинга в экологических исследованиях

Материалы дистанционного зондирования получают в результате неконтактной съемки с летательных воздушных и космических аппаратов, судов и подводных лодок, наземных станций. Получаемые документы очень разнообразны по масштабу, разрешению, геометрическим, спектральным и иным свойствам. Все зависит от вида и высоты съемки, применяемой аппаратуры, а также от природных особенностей местности, атмосферных условий и т.п.

Главные качества дистанционных изображений, особенно полезные для составления карт, – это их высокая детальность, одновременный охват обширных пространств, возможность получения повторных снимков и изучения труднодоступных территорий.

Съемки ведут в различных зонах спектра: видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной, радиоволновой и ультрафиолетовой. При этом снимки могут быть черно-белыми зональными и панхроматическими, цветными, цветными спектральнозональными и даже – для лучшей различимости некоторых объектов – ложноцветными, т.е. выполненными в условных цветах. Следует отметить особые достоинства съемки в радиодиапазоне. Радиоволны, почти не поглощаясь, свободно проходят через облачность и туман. Ночная темнота тоже не помеха для съемки, она ведется при любой погоде и в любое время суток.

Главные достоинства аэроснимков, космических снимков и цифровых данных, получаемых в ходе дистанционного зондирования, – их большая обзорность и одномоментность. Они покрывают обширные, в том числе труднодоступные, территории в один момент времени и в одинаковых физических условиях. Снимки дают интегрированное и вместе с тем генерализованное изображение всех элементов земной поверхности, что позволяет видеть их структуру и связи. Очень важное достоинство – повторность съемок, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики.

Составление оперативных карт – еще один важный вид использования космических материалов. Для этого проводят быструю автоматическую обработку поступающих дистанционных данных и преобразование их в картографический формат. Наиболее известны оперативные метеорологические карты. В оперативном режиме и даже в реальном масштабе времени можно составлять карты лесных пожаров, наводнений, развития неблагоприятных экологических ситуаций и других опасных природных явлений. Космофотокарты применяют для слежения за созреванием сельскохозяйственных посевов и прогноза урожая, наблюдения за становлением и сходом снежного покрова на обширных пространствах и тому подобными ситуациями, сезонной динамикой морских льдов.

Главнейшее значение для реализации программы создания службы мониторинга окружающей среды имеют дистанционные (аэрокосмические) средства и методы.

Оперативное слежение и контроль за состоянием окружающей среды и отдельных ее компонентов по материалам дистанционного зондирования и картам называют **аэрокосмическим (дистанционным) мониторингом.**

Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли (в горах, на Крайнем Севере),

показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации (по радио, проводам, через спутники и т. п.). Аэрокосмический мониторинг подразделяется на авиационный и космический.

Авиационный мониторинг осуществляют с самолетов, вертолетов и других летательных аппаратов (включая парящие воздушные шары и т. п.), не поднимающихся на космические высоты (в основном из пределов тропосферы).

Космический мониторинг – мониторинг с помощью космических средств наблюдения. Авиационный мониторинг ориентирован на региональные или локальные явления. Например, он широко используется при инвентаризации лесов, выявлении площадей, пораженных пожарами, промышленными загрязнениями, вредителями. Космический мониторинг позволяет составить представление об отдельных изменениях в биосфере, которые при других методах не выявляются.

Первый экологический искусственный спутник земли (ИСЗ) «Космос-1906» был запущен в конце 1987 г. Программа полета ИСЗ предусматривает получение и обработку данных дистанционного зондирования Земли, выполнения съемок ряда территории СНГ, Антарктиды и Мирового океана. На основе космической информации ведутся планомерные широкомасштабные исследования природных ресурсов, ОС, изучаются результаты воздействия на нее хозяйственной деятельности.

Спутник мгновенно может обеспечить съемку от 8 до 40 тыс. км² земной поверхности, а за 10 мин работы – около 1 млн км². Такой огромный объем информации обрабатывается, естественно, с применением ЭВМ. С помощью спутниковых данных изучают изменение границы тундры и лесотундры (это характеризует динамику глобального потепления), динамику и состояние лесов, определяют очаги распространения вредителей сельскохозяйственных культур, отслеживают динамику растительности. В настоящее время в народном хозяйстве по материалам космических съемок решается около 300 различных задач, и перечень их продолжает расти.

Так как мониторинг предполагает не только наблюдение за процессом или явлением, но также его оценку, прогноз распространения и развития, а кроме того – разработку системы мер по предотвращению опасных последствий или поддержанию благоприятных тенденций, оперативное картографирование становится средством контроля за развитием явлений и процессов и обеспечивает принятие управленческих решений.

Картографический метод создания глобальной системы мониторинга предполагает развертывание работ при обследовании и изучении любой территории в двух основных направлениях:

1. Создание базовой инвентаризационной картографической документации, отражающей современное состояние и оценку природных ресурсов;

2. Картографирование динамики изменений природной среды, предусматривающее обновление инвентаризационных карт, создание специальных карт динамики и прогноза, т. е. систематическое картографическое слежение за состоянием природной среды и ее изменениями, обусловленными хозяйственной деятельностью людей.

Масштабы картографического представления и периодичность составления оперативных тематических карт мониторинга во многом зависят от характера использования земель и степени развития природно-территориального комплекса.

Масштабы и периодичность карт мониторинга природной среды в различных регионах приведены ниже:

Использование земель	Степень развития территориально-производственного комплекса	Масштаб карт	Период составления карт
Интенсивное	Развитие со сложной инфраструктурой	1:200 000 и крупнее	Ежегодно
	Развивающиеся	1:500 000	1...3года
		1:200 000	
Экстенсивное	Формирующиеся	1:500 000	3...5 лет
	Слабая, но природно-территориальные комплексы высокодинамичные	1:200 000	1...3 года
		1:500 000	5..7 лет и более
	Слабая	1:1000 000	
	Отсутствует (природоохранные зоны)	1:200 000	
1:500 000		1...3 года	

Структура космической системы изучения ПРЗ состоит из 4 основных подсистем: получения космической информации; получения дополнительной дистанционной информации; сбора и хранения информации; обработки информации.

Подсистема получения космической информации включает: космические носители измерительной аппаратуры; измерительную аппаратуру, устанавливаемую на космических носителях; аппаратуру, передающую полученную информацию на Землю (на пункты приема информации – ППИ) в подсистему сбора информации.

Данные, полученные с помощью космической измерительной подсистемы, содержат для каждого отдельного элемента природного объекта информацию о его состоянии. Эти данные передаются на пункты приема информации и оттуда в банк данных подсистемы сбора информации на хранение.

Подсистема получения дополнительной дистанционной информации объединяет средства и методы получения дистанционной информации о природных и антропогенно измененных объектах, осуществляемых в основном в пределах тропосферы.

В эту подсистему включены: авиационные средства (самолеты-лаборатории и вертолеты); суда-лаборатории, буйковые станции, наземные передвижные лаборатории, установленная на этих носителях измерительная аппаратура, установленная на них аппаратура, передающая получаемую информацию на пункт приема информации.

В структуру космической системы изучения природной среды Земли и Мирового океана в подсистему получения дополнительной информации включены также научно-исследовательские суда-лаборатории, буйковые станции и наземные передвижные лаборатории.

В состав судов-лабораторий входят научно-исследовательские суда, экспедиционные суда, морские, озерные и речные суда, специально построенные или перестроенные из другого типа судов для комплексных исследований и для проведения различных специальных исследований (геофизических, гидробиологических и др.) в толще водных масс, морского дна, атмосферы и космического пространства.

Так, на борту научно-исследовательского судна космической службы «Космонавт Юрий Гагарин» имеется 110 научных лабораторий.

Буйковые станции (автоматические станции) снабжены специальной аппаратурой для получения определенных типов информации через спутники на пункты приема информации, космической системы изучения природных ресурсов.

Наземные передвижные лаборатории позволяют получать достоверные и точные данные о природных объектах, процессах и данные на локальных участках земной поверхности. Наземные измерения выполняют синхронно космическими и авиационными измерениями точно в момент прохождения космических аппаратов и авиасредств над данной точкой.

Наземные измерения служат базой для проведения необходимых методических работ, связанных с проблемой идентификации природных ресурсов и изучения их свойств на основе сопоставления и корреляции различных данных дистанционного зондирования с данными непосредственных наземных измерений.

Все вышесказанное относится к измерениям, выполняемым судами-лабораториями и автоматическими буйковыми станциями.

Основные требования, предъявляемые к измерениям (данным), получаемым в подсистемах космической и дополнительной дистанционной информации:

- синхронность получения всех видов информации;
- метрологическое единство всех видов измерений;
- репрезентативность наземных и измерений с самолета относительно территорий, охватываемых космической съемкой;
- сопоставимость масштабов и разрешающей способности всех видов измерений;
- оперативность доставки информации с самолета и наземной в пункты приема и обработки космической информации.

Репрезентативность в статистике – главное свойство выборочной совокупности, состоящее в близости ее характеристик (состава, средних величин и др.) к соответствующим характеристикам генеральной совокупности, из которой отобрана выборочная.

Подсистема сбора и хранения информации формирует банк данных огромного и постоянно меняющегося объема различного вида информации. Задачи этой подсистемы – формирование, хранение и управление базой данных, нахождение необходимой для определенных конкретных целей информации и оперативная передача ее в блок подсистемы обработки информации.

База данных должна содержать:

1. Разновременные и разномасштабные материалы космических и аэрофото-съемок;
2. Характеристики измерительной аппаратуры;
3. Результаты наземных (натурных) измерений (выполненных синхронно с космическими съемками) параметров состояния природной среды в отдельных пунктах земной поверхности;

4. Разновременные и разномасштабные картографические материалы (топографические и специальные тематические карты);

5. Статистические и другие данные.

Эта структура (сбора, хранения, управления базой данных) подсистемы должна обеспечить оперативный обмен информацией между ее частями и доступ к ней подсистемы обработки информации.

Подсистема обработки информации заключается в оперативной обработке полученной из банка данных информации и выдаче результатов обработки в виде картографических материалов в требуемом масштабе.

5.8 Системы глобального мониторинга

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником необходимой для принятия экологически значимых решений информации.

Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

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

Таким образом, в систему экологического мониторинга входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия.

Характер и механизм обобщения информации об экологической обстановке при ее движении по иерархическим уровням системы экологического мониторинга определяются с помощью понятия информационного **портрета экологической обстановки**.

Портрет экологической обстановки представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределенных данных, характеризующих экологическую обстановку на определенной территории, совместно с картоосновой местности.

Разрешающая способность информационного портрета зависит от масштаба используемой картоосновы.

В 1975 г. была организована Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) под эгидой **ООН**, но эффективно действовать она начала только в последнее время.

Эта система состоит из 5 взаимосвязанных подсистем:

- изучение климатических изменений,
- дальнего переноса загрязняющих среду веществ,
- гигиенических аспектов среды,

- исследования Мирового океана и
- ресурсов суши.

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

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

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

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

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

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

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

Системы мониторинга природных сред и экосистем включают в себя средства наблюдения:

- экологического качества воздушной среды,
- экологического состояния поверхностных вод и водных экосистем,
- экологического состояния геологической среды и наземных экосистем.

Технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) охватывают - разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценки и выработки рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, прогнозы ее эволюции;

- энерго-экологические и технологические характеристики производственной сферы, медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты.

Комплексность экологических проблем, их многоаспектность, теснейшая связь с ключевыми отраслями экономики, обороны и обеспечением защиты здоровья и благополучия населения требует единого системного подхода к решению проблемы.

Структуру единого экологического мониторинга можно представить сферами получения, обработки и отображения информации, сферами оценки ситуации и принятия решений.

Структурными звеньями любой системы ЕЭМ являются:

- **измерительная система;**

- **информационная система**, включающая в себя базы и банки данных правовой, медико-биологической, санитарно-гигиенической, технико-экономической направленности;
- **системы моделирования** и оптимизации промышленных объектов;
- **системы восстановления и прогноза** полей экологических и метеорологических факторов;
- **система принятия решений**.

Построение измерительного комплекса систем ЕЭМ основывается на использовании точечного и интегрального методов измерений с помощью **стационарных** (стационарные посты наблюдения) и **мобильных** (автомобил-лаборатории и аэрокосмические средства) систем.

Следует отметить, что **аэрокосмические средства привлекаются лишь при необходимости получения крупномасштабных интегральных показателей о состоянии окружающей среды**.

Получение информации обеспечивается тремя группами приборов, измеряющими:

- **метеорологические характеристики** (скорость и направление ветра, температуру, давление, влажность атмосферного воздуха и пр.),
- **фоновые концентрации вредных веществ** и концентрации загрязняющих веществ вблизи источников загрязнения окружающей среды.

Использование в измерительном комплексе современных контроллеров, решающих вопросы сбора информации с датчиков, первичной обработки и передачи информации потребителю с помощью модемной телефонной и радио связи или по компьютерным сетям, значительно повышает оперативность системы.

Региональная подсистема ЕЭМ предполагает работу с большими массивами разнообразной информации, включающими данные:

- по структуре энергопроизводства и энергопотребления региона,
- гидрометеорологических измерений,
- о концентрациях вредных веществ в окружающей среде,
- по итогам картографирования и аэрокосмического зондирования,
- о результатах медико-биологических и социальных исследований и др.

Одной из основных задач в этом направлении является создание единого информационного пространства, которое может быть сформировано на основе использования современных геоинформационных технологий.

Интеграционный характер геоинформационных систем (ГИС) позволяет создать на их основе мощный инструмент для сбора, хранения, систематизации, анализа и представления информации.

При необходимости визуализировать имеющуюся информацию в виде карты с графиками или диаграммами, создать, дополнить или видоизменить базу данных

пространственных объектов, интегрировать ее с другими базами – единственно верным решением будет обращение к ГИС.

Только с появлением ГИС в полной мере реализуется возможность целостного, обобщенного взгляда на комплексные проблемы окружающей среды и экологии.

ГИС становится основным элементом систем мониторинга.

Система единого экологического мониторинга предусматривает не только контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, но и возможность активного воздействия на ситуацию. Используя верхний иерархический уровень ЕЭМ (**сфера принятия решения**), а также подсистему экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду, появляется возможность управления источниками загрязнения на основании результатов математического моделирования промышленных объектов или регионов.

При практической реализации концепции единого экологического мониторинга не следует забывать:

- о показателях точности оценки ситуации;
- об информативности сетей (систем) измерений;
- о необходимости разделения (фильтрации) на отдельные составляющие (фоновые и от различных источников) загрязнения с количественной оценкой;
- о возможности учета объективных и субъективных показателей.

Данные задачи решает система восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов.

5.9 Принципы организации системного экологического мониторинга в заповедниках

Развитие идеи комплексного изучения заповедных территорий

Идеи комплексного изучения природных сообществ существовали в России с давних пор. Особенно ярко эта тенденция проявилась при обосновании и создании заповедных охраняемых территорий, хотя основные направления ведения наблюдений и методические подходы разрабатывались видными российскими исследователями с середины прошлого века задолго до организации самих заповедников.

Известный российский деятель в области охраны природы Г.А.Кожевников (1928), много сделавший в разработке программы ведения научной работы в заповедниках писал, что конечной целью этой работы является «изучение законов эволюции органического мира», а исследование постепенных изменений организмов в связи с изменениями окружающей среды потребует очень длительного времени. Он считал, что первыми шагами в работе заповедника должны стать инвентаризация флоры и фауны и картографирование. Работа по слежению за природой должна вестись из года в год на одних и тех же местах. А метеорологические и фенологические наблюдения обязательны и вести их надо постоянно, не прерывая.

Представления Г.А.Кожевникова и некоторых других исследователей о структуре научно-исследовательской работы в заповедниках в дальнейшем были положены в основу «Программы Летописи природы». Уже в первые годы работы заповедники в нашей стране имели примерно одинаковую систему слежения за природой. В послевоенный период стала складываться унифицированная программа, которая дополнилась новыми положениями и требованиями. В конечном итоге заповедники стали работать практически по одному руководству под названием «Летопись природы».

Основными критериями, положенными в основу главной научной программы российских заповедников, являются длительность, непрерывность и комплексность работ, которые должны проводиться на одних и тех же участках. «Летопись природы» – основная научная программа слежения за природой заповедника и прилегающих территорий. Ее задача – регулярно в течение неопределенно длительного времени собирать материалы по динамике природных явлений и процессов.

Летопись природы ведется с момента организации заповедника. В первую книгу входят правительственные постановления, проектные материалы, схемы. В последующих книгах помещаются материалы, собираемые в определенном порядке.

Разделы «Летописи природы»: территория, пробные и учетные площади, постоянные (временные) маршруты, почвы, погода, воды, календарь природы, флора и растительность, фауна и животное население, состояние заповедного режима, влияние антропогенных факторов, научные исследования, литература, приложение.

Заповедники организуют мониторинг с помощью так называемых пробных площадок, постоянных или временных маршрутов. Как правило, каждая площадка имеет паспорт и в него заносятся вся собираемая информация. Маршруты и площадки образуют мониторинговую сеть, сбор материалов ведется в одних и тех же пунктах много лет по одной и той же методике.

Ландшафт, рельеф и почвы. Систематические ландшафтные исследования проводятся далеко не во всех заповедниках. В большинстве из них ведется минимум наблюдений: регистрируются температура, влажность почвы, а также учитываются сведения стихийного характера: лавины, изменения береговой линии, обвалы, оползни и другое. Это связано с отсутствием специалистов и трудоемкостью исследований. Поэтому данные по динамике почвенного покрова за длительный период отсутствуют во многих заповедниках.

Погода. Значительный объем информации приходится на метеорологические сведения о состоянии погоды. Много заповедников имеют собственные метеостанции, но большинство использует данные расположенных поблизости станций Госгидромета. Основные показатели – это температура воздуха, количество осадков, температура на почве, относительная влажность, высота снежного покрова. Эти данные дополняются зарегистрированными атмосферными явлениями (град, шторм и прочие).

Воды. Все водоемы, расположенные на территории заповедника, должны иметь достаточно подробную характеристику, которая обычно помещается в первой книге Летописи. Впоследствии ведутся элементарные наблюдения, главным образом, сезонного характера – первый ледостав, начало ледохода, и т.д. В некоторых заповедниках ведутся специальные наблюдения по более полной программе (так

называемые «водные» заповедники).

Флора и растительность. Наибольшее количество материалов в заповедниках собрано по сосудистым растениям. Практически все заповедники имеют списки этих растений. В так называемых «старых» заповедниках, инвентаризация флоры проводилась не один раз и уже есть материалы сравнительного характера за длительный период слежения. Другие группы, такие как лишайники, мхи и грибы, изучены хуже и далеко не во всех заповедниках. Кроме работы по изучения состава флоры, на территориях природных резерватов ведется слежение по фенологии, флуктуации, продуктивности растительных сообществ.

Фауна и животное население. Традиционно это одно из приоритетных направлений научных исследований в заповедниках. Основное внимание уделяется наблюдениям за позвоночными животными – млекопитающими, птицами, реже рыбами, земноводными, рептилиями. В отдельных заповедниках проводится широкое изучение беспозвоночных животных, в основном насекомых. Как правило, выявляется видовой состав и ежегодно проводятся учеты численности животных. Кроме того, проводится сбор данных по биологии фоновых видов на основе регистрации встреч животных сотрудниками заповедниками и учеными, работающими в заповедниках во время экспедиций. Во многих заповедниках проводятся и более углубленные исследования биологии отдельных видов или природных комплексов.

Состояние заповедного режима. Влияние антропогенных факторов. На основании полученных данных проводится анализ состояния заповедных экосистем и предпринимаются попытки выявить наиболее существенные естественные и антропогенные факторы, влияющие на структуру и динамику природных комплексов заповедника.

Рекомендуемая для выполнения в заповедниках программа мониторинга под названием «Летопись природы» по существу является набором методик для сбора информации о состоянии природы, а также о реакции биоты на изменение тех или иных условий. Идея организации и проведения наблюдений по программе «Летописи природы», предполагающая комплексное изучение природы, интересна и плодотворна. Однако в современных условиях эта программа не обеспечивает глубокого и всестороннего изучения биоценологических связей организмов и механизмов взаимодействия различных компонентов природных комплексов заповедных территорий. Основная причина этого заключается в том, что до недавнего времени в экологии доминировал популяционный подход и, соответственно, методы оценки состояния окружающей среды и ее охраны основывались на наблюдениях за изменением отдельных элементов природных экосистем. Получаемые данные носили отрывочный характер, не позволяли сопоставлять результаты отдельных исследований, анализировать взаимодействие различных природных комплексов и организацию экосистемы в целом.

Сейчас экология вышла на новый, более высокий уровень исследований. В ней большое внимание уделяется изучению структуры и функционирования природных сообществ, характера связей между единичными элементами и эволюции связей во времени. Именно эти показатели позволяют охарактеризовать биосистему как целостную совокупность и установить законы, управляющие ее развитием.

Появилась возможность реализовать глубокий потенциал, заложенный в идее комплексного изучения природных экосистем заповедников и приступить к разработке методов системного изучения природных сообществ, мониторинга и охраны окружающей среды.

Теоретическое обоснование методов системного экологического мониторинга

В основе анализа биоценотических связей организмов в сообществах лежит изучение структуры их экологической ниши. Современные экосистемные исследования птиц и других животных обнаружили соподчиненный характер связи между различными экологическими факторами, определяющими положение видов в сообществе, и выявили их неравнозначность в процессе дифференциации экологических ниш. Это привело к развитию представлений об экологической нише как системе иерархически связанных экологических, поведенческих и морфологических адаптаций, отражающих специфичность реакций организмов на воздействие окружающей среды. Согласно этим представлениям, ценотические связи организмов носят соподчиненный характер. Существуют ведущие экологические факторы, определяющие видовое разнообразие и другие особенности биологии видов, и второстепенные факторы, которые зависят от первых и не столь существенны для структуры и функционирования сообществ. В качестве ведущего фактора экологической дифференциации и расхождения организмов по экологическим нишам рассматривается кормовое поведение. Особенности кормового поведения определяют положение того или иного вида в сообществе и влияют на формирование большинства других признаков, оптимизирующих существование вида в условиях данной экологической ниши. Изучение таких факторов и характера их взаимосвязи на примере фоновых видов животных и растений позволяет проводить анализ состояния окружающей среды, не просто фиксируя изменения состояния популяций отдельных видов, а анализируя характер изменения всей цепи иерархически организованных биоценотических связей организмов.

Ведущее значение кормового поведения в регуляции биоценотических связей животных обуславливается самой природой поведения как биологического явления. Поведение является важным каналом межорганизменных и межвидовых взаимодействий и связующим звеном между организмом и окружающей средой. Кормовое поведение в интегрированной форме отражает специфичность отношения животных того или иного вида к различным факторам внешней среды, несет в себе информацию о пищевых, стациальных и других предпочтениях вида, поэтому может всесторонне характеризовать положение вида в системе биоценотических связей. С другой стороны, поведение определяет формирование морфологических, физиологических и других признаков вида. Тем самым с помощью поведения достигается соответствие внешних и внутренних признаков организма характеру его ниши. Благодаря такой особой роли посредника между организмом и средой обитания, поведение служит одним из наиболее универсальных способов видовой дифференциации животных и может рассматриваться в качестве универсального показателя трофической ниши вида. Этот показатель отличает данный вид от любых других видов и может служить характеристикой его ниши независимо от прочих адаптаций или взаимоотношений с окружающими его организмами. Все другие показатели могут широко перекрываться у сосуществующих видов, они отражают различия в кормовом поведении и служат лишь дополнительной характеристикой

ниши вида.

Исходя из представлений о взаимообусловленности экологических факторов, определяющих биоценологические связи и место вида в экосистеме, экологическую нишу можно рассматривать как систему иерархически соподчиненных адаптаций животных к условиям среды обитания, из которых приспособления к добыванию пищи являются наиболее специфическими. Трофический компонент ниши играет первостепенную роль, поскольку пища является критическим ресурсом, а способ добывания пищи – одним из наиболее важных механизмов разделения ресурсов и экологической сегрегации видов. Пространственный компонент включается в нишу на следующем иерархическом уровне как отражение адаптаций, связанных с различиями в кормовом поведении. Таким образом, можно последовательно включить в систему взаимодействия животных со средой обитания любые другие факторы, которые так или иначе характеризуют специфичность отношения вида к среде и, в соответствии со своим местом в системе соподчиненных показателей, участвуют в процессе разделения ниш (Хлебосолов, 1999). Разработанные на примере птиц представления об одномерной иерархической нише очевидно вполне применимы и для анализа ценологических связей других групп животных.

Выявление ведущих трофических адаптаций птиц и изучение характера взаимосвязи между трофическими и другими экологическими факторами, влияющими на положение тех или иных видов в сообществе, позволяют эффективно решать многие трудные вопросы экологии и распространения птиц. До сих пор подобные исследования проводились лишь на примере отдельных видов или групп экологически близких видов, или гильдий птиц. Представляется весьма перспективным более широкое использование этого подхода при изучении механизмов формирования видовой структуры населения птиц и других животных в природных сообществах.

Принципы организации системного экологического мониторинга

Согласно вышесказанному, все связи в экосистемах носят соподчиненный характер. Существуют ведущие экологические факторы, определяющие видовое разнообразие и другие особенности биологии видов, и второстепенные факторы, которые зависят от первых и не столь существенны для структуры и функционирования сообществ. Выявление таких факторов и характера их взаимосвязи на примере фоновых видов животных и растений позволяет проводить мониторинг на основе анализа изменения иерархически организованных биоценологических связей организмов.

Например, для птиц выявлена следующая взаимосвязь между факторами: кормовое поведение – структура кормовых субстратов – характер биотопов – ареал. То есть, экологическая ниша того или иного вида птиц в первую очередь определяется его специфическим кормовым поведением, которое определяет выбор определенных кормовых субстратов (микроместообитаний). Наличие таких кормовых субстратов в тех или иных местообитаниях определяет биотопическое распределение вида. В свою очередь, характер распределения таких биотопов определяет географическое распространение (ареал) вида и т.д. На основе изучения кормового поведения того или иного вида птиц можно предсказывать все другие факторы, определяющие его обитание в данном месте, и по изменению одного из этих факторов возможно прогнозировать характер изменения всех других. Таким образом,

выявление ключевых взаимодействий между элементами экосистемы позволяет использовать их в качестве индикатора ее состояния и по характеру изменения этих взаимодействий судить о перестройке экосистемных связей и организации экосистемы в целом.

Модельные виды. Для проведения всестороннего мониторинга природных экосистем следует выбрать несколько модельных видов, играющих существенную роль в функционировании основных экосистем данного района, установить характер их ценотических связей и проводить ежегодный контроль.

Наиболее удобными модельными видами являются:

- 1) фоновые виды,
- 2) хозяйственно-ценные виды,
- 3) редкие виды.

Фоновые виды являются доминантами и эдификаторами природных экосистем, выполняют в них важные биоценотические функции и могут служить основными модельными видами для контроля состояния естественных природных комплексов.

Использование хозяйственно-ценных животных в качестве модельных обусловлено тем, что они служат объектом хозяйственного использования. Сравнительный анализ состояния популяций этих видов на охраняемых и неохраняемых территориях дает возможность лучше понять влияние естественных и антропогенных факторов на изменение их биоценотических связей.

Важное значение редких видов животных для системного экологического мониторинга связано с тем, что их существование поддерживается ограниченными ресурсами. Даже незначительное изменение экосистемных связей может заметно отражаться на состоянии популяций редких видов. Поэтому редкие виды животных являются чувствительными индикаторами состояния природных экосистем.

Модельные экосистемы. Для проведения системного мониторинга следует выбирать как естественные природные комплексы, так и нарушенные сообщества (гари, вырубки и т.д.). Первые служат эталоном многолетних естественных изменений природной среды. Вторые представляют собой своеобразные природные лаборатории для изучения влияния различных экологических факторов на характер биоценотических связей организмов. Те или иные нарушения окружающей среды являются природными экспериментами, в которых задаются определенные, известные нам условия, на которые сообщества отвечают соответствующим изменением структурных и функциональных связей организмов. Их анализ может способствовать лучшему пониманию механизмов регулирования биоценотических связей и функционирования естественных экосистем.

Использование данных традиционных наблюдений. Развитие системного мониторинга не исключает параллельного проведения более традиционных мониторинговых наблюдений, таких как изменение погодных показателей, фенологическое развитие сообществ, катастрофические воздействия на природный комплекс, массовое размножение и гибель организмов, загрязнение территории и т.д. Использование этих данных, наоборот, может оказать существенную помощь при изучении биоценотических связей организмов в природных сообществах. Более того, применение методов системного экологического мониторинга позволяет объединить эти зачастую несвязанные между собой наблюдения и эффективно использовать их

для анализа состояния и изменения структуры природных экосистем.

Разработка конкретных программ системного мониторинга должна проводиться на основе типовой программы, в которой описаны основные принципы организации мониторинга, методики наблюдений и обработки данных и т.д. Кроме того, разработке конкретных программ должны предшествовать предварительные исследования, направленные на выявление основных экосистемных связей организмов в тех или иных природных комплексах, выбор подходящих модельных видов, изучение иерархии экологических факторов, определяющих их значимость в системе ценологических связей организмов.

Перспективы применения системного экологического мониторинга в заповедниках. Перспективность системного мониторинга определяется в первую очередь тем, что он основывается на результатах самых современных экологических исследований и несомненно получит в ближайшем будущем широкое распространение как ведущий метод наблюдения за состоянием окружающей среды. Системный подход к изучению природных комплексов, организации их охраны и мониторинга позволяет не только отслеживать изменение отдельных элементов экосистемы, но и оценивать состояние экосистемы в целом, прогнозировать характер и направления изменений природы и правильно ее охранять. Системный подход также повышает экономическую эффективность экологического мониторинга и природоохранных мероприятий. Он дает возможность при тех же финансовых затратах на проведение научных исследований получать взаимосвязанные данные и тем самым существенно расширять знания о структуре и функционировании природных экосистем. Кроме того, системный подход позволяет перейти от экономически малоэффективной и негуманной запретительной системы охраны природы к организации рационального взаимодействия человека и природы, основанного на точном знании законов развития природы и человеческого общества.

Особенно перспективно применение этого метода в заповедниках, поскольку заповедники представляют собой охраняемые естественные экосистемы, и именно здесь имеются наиболее благоприятные условия для изучения многообразных экосистемных связей организмов и их контроля. Использование методов системного мониторинга может способствовать повышению уровня научных исследований в заповедниках. Основанный на передовых методах экологических исследований, он задает объективно высокий научный уровень проводимых наблюдений и тем самым стимулирует повышение квалификации научных сотрудников заповедника. Разработка методов системного мониторинга может оказать положительное влияние и на организацию сбора данных по программе «Летописи природы», способствуя проведению не разрозненных, а комплексных наблюдений, позволяющих охарактеризовать целостную структуру заповедных экосистем.

Тем самым, программа системного экологического мониторинга может послужить связующим звеном при исследовании различных элементов природных комплексов заповедников.

Методы сбора, хранения и обработки данных системного экологического мониторинга

Наиболее рациональным и эффективным методом хранения и обработки данных мониторинга природных территориальных систем считается метод геоинформационного картографирования. В основе этого метода лежит использование специального программного обеспечения – геоинформационных систем (ГИС), предназначенных для сбора, хранения, обработки и визуализации пространственно-координированных данных, т.е. данных, имеющих определенную территориальную привязку. Поэтому метод геоинформационного картографирования изначально, по самой своей идее, адаптирован для обработки данных, относящихся к экосистемам, которые являются системами территориальными.

Принципиальной особенностью геоинформационных систем, адаптированных для анализа данных, собранных системными методами, является то, что они позволяют не только оптимизировать хранение и обработку результатов исследований, но и существенно повысить информационную и научную значимость первичных данных. Это достигается за счет того, что результаты полевых наблюдений, собранные порой без учета взаимодействия различных компонентов экосистемы, организуются и анализируются в самой геоинформационной системе определенным образом, позволяющим выявлять структуру ценотических связей организмов в экосистеме.

Информационные системы, с помощью которых можно эффективно накапливать и обрабатывать результаты экосистемных исследований, помимо базы данных, должны включать:

- 1) электронные карты с послойным разбиением изображений,
- 2) программы статистической и более сложной математической обработки данных,
- 3) систему построения прогностических моделей развития экосистем.

Компьютерные карты с послойным разбиением изображений. Карты должны отображать особенности геологической и тектонической истории данного района, его геоморфологию, структуру почвенного и растительного покрова, видовой состав, численность и распределение животных. В качестве основы для создания электронных карт используется результаты геологических, почвенных, ботанических и геоботанических, а также зоологических исследований, проводившихся в заповеднике и на сопредельных территориях.

В дальнейшем необходимо проведение полевых исследований для уточнения легенды карт, определения взаимосвязи между различными компонентами природной среды, включение в легенды карт ключевых параметров, определяющих структуру и функционирование экосистем заповедника. Уточнение и детализация карт проводится по мере накопления фактических данных по различным компонентам неживой и живой природы.

Базы данных и аналитических программ. Необходимо провести поиск имеющихся или создать собственные программы базы данных и математического анализа результатов исследований, обеспечивающих проведение сложных статистических расчетов и определения показателей, характеризующих структуру и функционирование экосистем заповедника (например, программы «Статистика», «Биодив»).

Количественная графическая модель, характеризующая структуру биоценологических связей организмов в экосистемах заповедника. Уточнение и детализация модели проводится по мере накопления данных о взаимосвязи различных элементов природных сообществ. Программа должна обеспечивать возможность прогностического моделирования процессов и явлений, происходящих в экосистемах заповедника и сравнительного анализа данных полученных в других сообществах.

Принципы организации ГИС позволяют в определенной мере выявлять структуру природных сообществ на основе разрозненных данных по разным компонентам экосистем. Однако для эффективного изучения экосистемных связей и разработки адекватных методов сбора, хранения и обработки информации с помощью компьютерных программ необходимо использовать описанные выше системные методы сбора первичных данных. Постепенное накопление данных по различным компонентам экосистем заповедников позволит лучше понять структуру и функционирование природных сообществ, выявить ключевые ценологические связи организмов, разрабатывать научно-обоснованные методы охраны и управления природными ресурсами.

Набор современных программных продуктов для ГИС-картографирования весьма разнообразен. Среди наиболее популярных – системы ARC VIEW, MapInfo, GeoGraph/GeoDraw (разработка Института Географии РАН).

В общем виде такие системы предназначены, как уже отмечалось, для хранения пространственно-координированных данных, их элементарной обработки и визуального представления в виде карт. Решение более сложных задач, связанных, например, с построением прогностических моделей, требует использования дополнительных программных средств. В среде ArcView таким дополнительным средством является язык программирования Avenue, в MapInfo – MapBasic и т.д.

Наиболее общие принципы построения для большинства геоинформационных систем отличаются незначительно и в целом довольно просты.

Любой объект, изображаемый на географической карте, имеет две «составляющие»: он характеризуется,

- во-первых, своим географическим положением в определенной системе координат, и соответственно, геометрическими свойствами,
- во-вторых – набором тематических свойств, т.е. содержанием.

6 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Мониторинг атмосферы, как составляющей биосферы, является подсистемой экологического мониторинга. Мониторинг атмосферного воздуха в настоящее время имеет физическую реализацию, как за рубежом, так и в странах СНГ. В 1972 г. в бывшем СССР на базе сети гидрометеорологических наблюдений была создана Общегосударственная служба наблюдений и контроля за загрязнением атмосферы (ОГСНКА). В ее задачи входит обеспечение заинтересованных государственных и общественных органов, предприятий, учреждений, организаций в систематической информации и прогнозами об уровнях загрязнения атмосферы, обусловленных хозяйственной деятельностью и метеорологическими условиями.

Решение этих задач включает:

- наблюдения за уровнем загрязнения;
- оценку уровня загрязнения и его изменений под влиянием хозяйственной деятельности и метеорологических условий;
- прогноз ожидаемых изменений качества воздуха на длительный период.

Общие сведения по загрязнению атмосферы

Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляются выбросы и от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ.

Источники загрязнения атмосферы различаются по мощности выброса (мощные, крупные, мелкие), высоте выброса (низкие, средней высоты, высокие), температуре выходящих газов (нагретые, холодные).

К мощным источникам загрязнения относятся производства типа металлургических и химических заводов, заводов строительных материалов, тепловые ТЭС и др.

К мелким источникам загрязнения относятся: небольшие котельные и предприятия местной и пищевой промышленности, трубы печного отопления и т.п.

Под низкими источниками понимают такие, у которых выбросы осуществляются с высоты ниже 50 м, под высокими – с высоты более 50 м. Нагретыми называются источники, у которых температура выбрасываемой смеси превышает 50°С, при более низкой температуре выбросы считаются холодными.

В выбросах предприятий и транспорта содержится большое число различных вредных примесей. Почти все источники выбрасывают в атмосферу SO_2 , CO , NO_x (NO , NO_2). Много вредных веществ образуется при сжигании топлива. Только ТЭС являются источниками 45% общего количества сернистых соединений, поступающих в воздушный бассейн. При процессах горения также выделяются ароматические углеводороды, часть которых относится к канцерогенным веществам.

Выбросы автотранспорта

Значительное количество топлива сжигается автомобильным, железнодорожным, морским и авиатранспортом. Основными вредными примесями, содержащимися в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, являются CO , NO_x , углеводороды (в том числе канцерогенные), альдегиды и др. вещества. При

работе двигателей на бензине выбрасываются соединения Рв, Сl, Вг, Р и другие вещества.

При работе дизельных двигателей, кроме всего прочего, выделяется значительное количество сажи.

Предприятия черной металлургии вносят большой вклад в загрязнение атмосферы, который составляет 10-15% общих выбросов промышленности в целом по стране. Эти выбросы содержат: пыль, SO₂, CO, NO_x, H₂S, C₆H₆, сероуглерод, бенз(а)пирен.

Предприятия цветной металлургии также выбрасывают стандартные выбросы SO₂, NO_x и, кроме того, соединения Cu, Ni, Рв, F.

От предприятий химической промышленности выделяются разнообразные вредные вещества, главным образом, в виде газов. При производстве H₂SO₄ с отходными газами выбрасываются сернистые соединения, NO_x, соединения мышьяка и токсичная пыль. При производстве HNO₃ выбрасываются NO_x, NH₃, CO; при производстве хлора – Cl и HCl; при производстве суперфосфата – HF, кремнийфтористоводородная кислота; при производстве целлюлозы и бумаги – SO₂, дисульфид, H₂S, сероуглерод, Cl, формальдегид, меркаптаны.

При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от климатических условий:

- направления и скорости ветра;
- условий переноса;
- распределения примесей в атмосфере;
- интенсивности солнечной радиации, определяющей фотохимические превращения примесей и возникновение вторичных продуктов загрязнения воздуха;
- количества и продолжительности атмосферных осадков, приводящих к вымыванию примесей из атмосферы.

Влияние метеорологических условий и параметров источников на характер распространения примесей

Влияние метеорологических условий проявляется по-разному при холодных и нагретых выбросах из низких и высоких труб. Концентрации примесей в приземном слое атмосферы (h = 2м) под факелом дымовых труб на разных расстояниях от источников выбросов распределяются следующим образом. Вблизи источника концентрации примесей малы; они увеличиваются и достигают максимума на некотором расстоянии от источника (трубы). Величины и характер изменения концентраций с расстоянием зависят от мощности выброса, высоты трубы, температуры и объема выбрасываемой газовой смеси, а также от метеорологических условий. Чем выше источник выбросов, тем больше рассеивается примесь в атмосфере, прежде чем достигнет подстилающей поверхности. Наиболее значительные концентрации достигаются на расстояниях от 10 до 40 высот труб. На промышленной площадке загрязнение приземного слоя воздуха может быть повышенным за счет неорганизованности источников. Высокая скорость ветра способствует переносу и рассеиванию примесей, т.к. с усилением ветра повышается интенсивность перемешивания воздушных слоев. При слабом ветре в районе высоких источников концентрация примесей у земли снижается за счет увеличения подъема факела и уноса примеси вверх. Подъем примеси увеличивается также за счет большей нагретости выбросов. При сильном ветре подъем примеси снижается, но

происходит удаление переноса на значительное расстояние. Максимальная концентрация примеси обычно наблюдается при некоторой скорости ветра, называемой опасной, величина которой зависит от параметров выбросов. Для мощных источников выбросов с большим перегревом дымовых газов относительно наружного воздуха, опасная скорость ветра равна 5-7 м/с. Для источников со сравнительно малым объемом выбросов и низкой температурой газа, она близка к 1-2 м/с.

Рассеивающая способность атмосферы зависит от вертикального распределения температуры и скорости ветра. При нормальных условиях температура воздуха с высотой понижается и создаются условия для интенсивного турбулентного обмена. При таких условиях у земной поверхности отмечаются большие концентрации и возможны значительные колебания их со временем. Если температура с увеличением высоты снижается (температурная инверсия), то рассеивание примеси ослабевает. В случае мощных и длительных приземных инверсий и при наличии неорганизованных выбросов, концентрации примесей могут существенно повышаться.

Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере и формирование различных вторичных продуктов, обладающих часто более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов. Так, например, в процессе фотохимических реакций в атмосфере происходит окисление сернистого газа с образованием сульфатных аэрозолей. В результате фотохимического эффекта в ясные солнечные дни в загрязненном воздухе формируется фотохимический смог. Кроме того, при туманах концентрация примесей значительно возрастает. Туманы тоже способствуют образованию смогов, характерных длительным удерживанием высоких концентраций вредных примесей.

На распространение примесей влияют и условия, обусловленные неоднородностью подстилающей поверхности. В некоторых формах рельефа, например, в котловинах, воздух застаивается, а в холмистой местности приземные концентрации рассеиваются интенсивно.

На рассеивание примесей в условиях города, существенно влияют: планировка улиц, их ширина, направление, высота зданий, наличие зеленых массивов и водных объектов, образующих как бы разные формы наземных препятствий воздушному потоку и приводящие к возникновению особых метеорологических условий в городе.

6.1 Организация сети наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах, населенных пунктах определяются Государственным стандартом ГОСТ 17.2.3.04-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов". Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль, оборудованные соответствующими приборами.

Устанавливаются посты наблюдений трех категорий:

- стационарные;
- маршрутные;
- передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно (нецелесообразно) установить стационарный пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например, в новых жилых районах.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Под зоной влияния подразумевают такое расстояние от источника, на котором величина приземной концентрации снижается до 5% от ПДК.

Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливаются в заранее выбранных местах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, которая оснащена необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также располагаются в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4-5 точек. Наблюдения под факелом предприятия проводятся также с помощью оборудованной автомашины. Подфакельные посты представляют собой точки, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выбросов на дискретные расстояния, установленные соответствующей инструкцией.

Размещение и количество постов наблюдений

Репрезентативность наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы в городе зависит от правильности расположения поста на обследуемой территории. При выборе места для размещения поста прежде всего следует установить, какую информацию ожидают получить: уровень загрязнения воздуха, характерный для данного района города, или концентрацию примесей в конкретной точке, находящейся под влиянием выбросов отдельного промышленного предприятия, крупной автомагистрали.

В первом случае пост должен быть расположен на таком участке местности, который не подвергается воздействию отдельно стоящих источников выбросов. Благодаря значительному перемешиванию городского воздуха уровень загрязнения в районе поста будет определяться всеми источниками выбросов, расположенными на исследуемой территории. Во втором случае пост размещается в зоне максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: на асфальте, твердом грунте, газоне. Если пост разместить на закрытом участке (вблизи высоких зданий, на узкой улице, под кронами деревьев или вблизи низкого источника выбросов), то он будет характеризовать уровень загрязнения, создаваемый в конкретном месте, и будет или занижать реальный уровень загрязнения из-за поглощения газов густой зеленью, или завышать из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ вблизи строений.

Стационарные и маршрутные посты размещаются в местах, выбранных на основе обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений, расчетов полей максимальных концентраций примесей. При этом следует учитывать повторяемость направления ветра над территорией города. При определенных направлениях выбросы от многочисленных

предприятий могут создавать общий факел, соизмеримый с факелом крупного источника. Выбору местоположения стационарных постов должно предшествовать ознакомление с генеральным планом развития города, чтобы учесть планируемое размещение крупных источников выбросов и жилых районов. Для характеристики распределения концентрации примеси по городу посты необходимо устанавливать в первую очередь тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках, зонах отдыха. К числу наиболее загрязненных районов относятся зоны наибольших максимально разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами промышленных предприятий (такие зоны находятся в 0,5-2 км от низких источников выбросов и в 2-3 км от высоких), а также магистрали интенсивного движения транспорта, поскольку влияние автомагистрали обнаруживается лишь в непосредственной близости от нее (на 50-100 м).

Размещение стационарных постов согласовывается с местными органами Государственного комитета по гидрометеорологии и Министерства здравоохранения. Организация подфакельных наблюдений предприятиями, ведомствами также согласовывается с вышеупомянутыми органами. Перенос маршрутных и подфакельных постов осуществляется по решению местных органов Госкомгидромета и санитарно-эпидемиологической службы.

Определение количества постов наблюдения в населенных пунктах

Число стационарных постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, рассредоточенности мест отдыха. В зависимости от численности населения устанавливаются:

- 1 пост - до 50 тыс. жителей;
- 2 поста - 50-100 тыс. жителей;
- 2-3 поста - 100-200 тыс. жителей;
- 3-5 постов - 200-500 тыс. жителей;
- 5-10 постов - более 500 тыс. жителей;
- 10-20 постов (стационарных и маршрутных) - более 1 млн. жителей.

Количество постов может быть увеличено в условиях сложного рельефа местности, при наличии большого количества источников загрязнения, а также при наличии на данной территории объектов, для которых чистота воздуха имеет первостепенное значение (например, уникальных парков, исторических сооружений и др.).

При подфакельных наблюдениях место отбора проб выбирают с учетом ожидаемых наибольших концентраций примесей на расстояниях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10 км от границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и конкретного источника загрязнения с подветренной стороны от него. За пределами СЗЗ общее количество мест наблюдений устанавливается с учетом мощности источника и технической возможности проведения измерений.

6.2 Программа и сроки наблюдений

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырех программ наблюдений:

- полной (П);
- неполной (НП);
- сокращенной (СС);
- суточной (С).

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняются ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 ч по местному времени.

По неполной программе наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 часов местного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 часов местного времени.

Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже минус 45 °С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 максимально разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений концентрации примеси используемым методом.

Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от наблюдений по полной программе, наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб и не позволяют получать разовых значений концентраций. Все программы наблюдений позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые и средние за более длительный период.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности.

Наблюдения на маршрутных постах, как и на стационарных, проводятся по полной, неполной или сокращенной программе. Для этого типа постов разрешается смещение сроков наблюдений на 1 час в обе стороны от стандартных сроков. Сроки отбора проб воздуха при подфакельных наблюдениях должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных с особенностями режима выбросов и метеорологических условий рассеивания примесей, и они могут отличаться от сроков наблюдений на стационарных и маршрутных постах.

Организация мониторинга атмосферы на стационарных постах

Стационарный пост наблюдений представляет собой специально оборудованный павильон, в котором размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров по установленной программе. Из числа стационарных постов необходимо выделить **опорные стационарные посты**, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных или наиболее распространенных загрязняющих веществ. При этом заранее определяется круг задач, к которым

относятся оценка среднемесячной, сезонной, годовой и максимальной разовой концентраций, вероятности возникновения концентраций, превышающих ПДК, и др.

Перед установкой поста следует проанализировать: расчетные поля концентраций по всем ингредиентам от совокупности выбросов всех стационарных и передвижных источников; особенности застройки и рельефа местности; перспективы развития жилой застройки и расширения предприятий промышленности, энергетики, коммунального хозяйства, транспорта и других отраслей городского хозяйства; функциональные особенности выбранной зоны; плотность населения; метеорологические условия данной местности и др. Пост должен находиться вне аэродинамической тени зданий и зоны зеленых насаждений, его территория должна хорошо проветриваться, не подвергаться влиянию близкорасположенных низких источников загрязнения (стоянок автомашин, мелких предприятий с низкими выбросами и т.п.). Количество стационарных постов в каком-либо городе (населенном пункте) определяется численностью населения, рельефом местности, особенностями промышленности, функциональной структурой (жилая, промышленная, зеленая зона и т.д.), пространственной и временной изменчивостью полей концентраций вредных веществ.

Для населенных пунктов со сложным рельефом и большим числом источников загрязнения рекомендуется устанавливать один пост через каждые 5-10 км.

С целью получения информации о загрязнении воздуха с учетом особенностей города рекомендуется ставить посты наблюдений в разных функциональных зонах (жилой, промышленной и др.). В городах с большой интенсивностью движения автотранспорта посты должны устанавливаться также вблизи автомагистралей.

Для обеспечения оптимальных условий проведения стационарных наблюдений отечественной промышленностью выпускаются стандартные павильоны посты наблюдений или комплексные лаборатории типа ПОСТ. Лаборатория ПОСТ представляет собой утепленный павильон, в котором установлены комплекты приборов и оборудования для отбора проб воздуха и проведения метеорологических измерений скорости и направления ветра, температуры, влажности. Практически все стационарные пункты контроля загрязнения оборудованы комплектными лабораториями ПОСТ-1. В настоящее время начали выпускаться и устанавливаться в городах новые модификации комплексной лаборатории ПОСТ-2, которые отличаются более высокими производительностью и степенью автоматизации. Если за одно обслуживание на ПОСТ-1 можно одновременно отбирать 9 проб, то на ПОСТ-2 38. Кроме того, ПОСТ-2 оснащен автоматизированным прибором Компонент с узлом отбора проб для определения запыленности воздуха. В качестве побудителя расхода воздуха здесь установлен аспиратор ЭА-1. ПОСТ-2 оборудован также автоматическим прибором контроля относительной влажности и температуры воздуха с самописцем. В лабораториях ПОСТ-1 и ПОСТ-2 могут устанавливаться газоанализаторы ГКП-1, ГМК-3 и др. Подробное описание воздухозаборного прибора Компонент и анеморумбографа М63МР приводится в эксплуатационных документах.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха и метеорологическими параметрами на стационарных постах должны проводиться круглогодично, во все сезоны, независимо от погодных условий.

Наблюдения на маршрутах и передвижных постах

Маршрутным передвижным постом является лаборатория Атмосфера-П. Она предназначена для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха и измерения метеорологических элементов при проведении **маршрутных и подфакельных** наблюдений.

Приборы и оборудование лаборатории могут эксплуатироваться при температуре воздуха внутри салона автофургона Ю...35С, относительной влажности до 80% (при 20 °С), атмосферном давлении 90... 104 кПа (680...785 мм рт.ст.). Скорость передвижения лаборатории по дорогам с усовершенствованным покрытием не превышает 45 км/ч.

Оборудование лаборатории Атмосфера-П смонтировано в кузове автофургона типа УАЗ-452А. Салон автофургона разделен стенкой на два отсека: приборный и вспомогательный. В приборном отсеке размещены приборы и оборудование для отбора проб воздуха на газовые примеси, сажу и пыль, газоанализаторы, измерительный пульт анеморумбометра М-49 (или М-47) и пульт управления, а во вспомогательном отсеке датчики температуры и влажности воздуха, распределительный щит, кабель на катушке, аккумуляторные батареи, держатель патронов и другое оборудование.

На крыше автофургона укреплен съемная платформа, на которой находятся ящик с датчиком измерения скорости и направления ветра, мачта для установки в рабочее положение датчиков и выносная штанга для крепления датчиков температуры, влажности и анеморумбометра.

Приборы и оборудование для отбора проб воздуха расположены на стенде по левому борту автомашины, а также во вспомогательном отсеке.

Соединительные трубопроводы для отбора проб воздуха на пыль и сажу через стенки и вспомогательный отсек выводятся в открытую во время отбора проб заднюю дверь автофургона.

Отбор проб воздуха на газовые примеси производится на высоте 2,6 м от уровня земли по вертикальному каналу, который смонтирован параллельно газопроводу для отбора пыли и сажи. В этом случае отбор проб производится через держатель, укрепленный на выносной штанге.

Оба канала отбора проб газовых примесей имеют общий нагреватель, включаемый при температурах наружного воздуха ниже 5°С. Терморегулятор обеспечивает автоматическое поддержание температуры пробы не ниже 5 °С.

В лаборатории Атмосфера-П используются полуавтоматические переносные приборы-индикаторы, предназначенные для определения содержания диоксида серы и сероводорода, а также хлора и озона в атмосферном воздухе. В автолаборатории, укомплектованной анеморумбометром М-49, датчики температуры и влажности вместе с держателем монтируются на специальной выдвижной штанге, укрепленной на платформе. Штанга с датчиками может устанавливаться перпендикулярно на платформе. Кроме того, штанга с датчиками может устанавливаться перпендикулярно или параллельно продольной оси автомашины, а держатель может вращаться вокруг

вертикальной оси. Сигналы датчиков подаются на пульт управления станции, установленный на переднем стенде внутри салона.

Маршрутный пост наблюдений это место на определенном маршруте в городе. Он предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижной аппаратуры. Маршрутные наблюдения осуществляются на маршрутных постах с помощью автолабораторий, серийно выпускаемых промышленностью. Такая передвижная лаборатория имеет производительность около 5000 отборов проб в год, при этом в день на такой машине может производиться 8-10 отборов проб воздуха. Порядок объезда маршрутных постов ежемесячно меняется таким образом, чтобы отбор проб воздуха на каждом пункте проводился в разное время суток. Например, в первый месяц машина объезжает посты в порядке возрастания номеров, во второй в порядке их убывания, а в третий с середины маршрута к концу и от начала к середине и т. д.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника. Подфакельные наблюдения осуществляются за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия, по специально разрабатываемым программам и маршрутам. Места отбора проб при подфакельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Отбор проб воздуха производится по направлению ветра, последовательно, на расстояниях 0,2-0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20 км от стационарного источника выброса, а также с наветренной стороны источника. Под факелом проводятся наблюдения за типичными для данного предприятия ингредиентами с учетом объема выбросов и их токсичности. В зоне максимального загрязнения (по данным расчетов и экспериментальных замеров) отбирается не менее 60 проб воздуха, а в других зонах не менее 25. Отбор проб воздуха при проведении подфакельных наблюдений производится на высоте 1,5 м от поверхности земли в течение 20-30 мин, не менее чем в трех точках одновременно.

6.3 Определение приоритетного перечня веществ, подлежащих контролю

Для того, чтобы определить перечень веществ, подлежащих контролю, в городах и населенных пунктах, где эти наблюдения не проводятся или проводятся нерегулярно, требуется провести предварительные расчеты. В атмосферный воздух города поступает большое количество различных вредных веществ. Повсеместно выбрасываются такие вредные вещества как пыль (взвешенные вещества), диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода, которые принято называть основными, а также различные специфические вещества, выбрасываемые отдельными производствами, предприятиями, цехами.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В

результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь. Принцип выбора вредных веществ и составления списка приоритетных веществ основан на использовании параметра потребления воздуха (ПВ):

$$\text{реального} \quad - \quad \text{ПВ}_p^i = M_i/q_i,$$

$$\text{и требуемого} \quad - \quad \text{ПВ}_T^i = M_i / \text{ПДК}_i,$$

где M_i – суммарное количество выбросов i -той примеси от всех источников, расположенных на территории города;

q_i – концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений.

Сравнением величин ПВ оценивается, будет ли средняя или максимальная концентрация примеси превышать при данных выбросах соответственно среднесуточную ПДК_{с.с.} или максимально разовую ПДК_{м.р.}. Если $\text{ПВ}_T^i \geq \text{ПВ}_p^i$, то ожидаемая концентрация примеси в воздухе может быть равна ПДК или превысит ее и, следовательно, i -тая примесь должна контролироваться. В противном случае – примесь не контролируется. Перечень веществ для организации наблюдений устанавливается путем сравнения ПВ_T с ПВ_p отдельно для средних ($q_{с.с.}$) и максимальных ($q_{м.р.}$) концентраций примесей.

Для выявления необходимости наблюдений за i -той примесью с использованием $q_{с.с.}$ предлагается графический метод. На рисунке 8 показано семейство прямых линий, соответствующих $q_{с.с.} = \text{ПДК}_{с.с.}$ по заданным значениям мощности выбросов M_i и характерного размера города L_j .

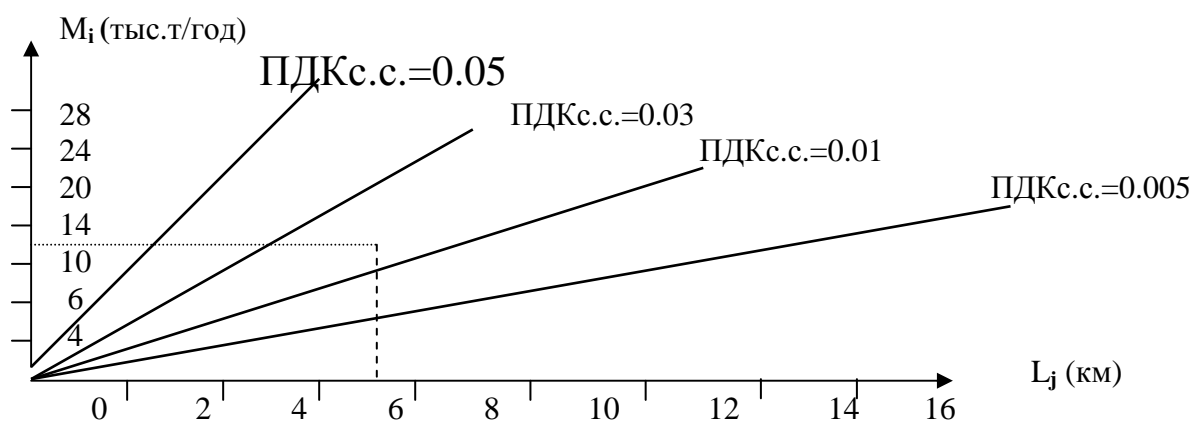


Рис. 8 – Семейство прямых линий, соответствующих $q_{с.с.} = \text{ПДК}_{с.с.}$ по заданным значениям мощности выбросов M_i и характерного размера города L_j

(по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Характерный размер города L_j определяется условно как радиус окружности с площадью S_j , соответствующей площади города, т.е. $S_j = \pi (L_j)^2$. Тогда $L_j = \sqrt{S_j/\pi}$.

На графике проводят условные линии перпендикулярно осям координат из точек, соответствующих значению M_i по данной примеси и характерному размеру города L_j . Если точка пересечения условных линий попадает на прямую или выше нее, то примесь подлежит контролю, в противном случае – она не вносится в список.

При применении графического метода следует учитывать, что прямые на рисунке 8 соответствуют значениям ПДК_{с.с.} от 0.005 до 0.05 мг/м³. Если значение ПДК i -той примеси > 0.05 (или меньше 0.005), то используется прямая линия,

соответствующая значению ПДК_{с.с.}, в 10 раз меньшему (или большему), чем ПДК данной примеси, а значения М, нанесенные на оси координат, умножаются (или делятся) на 10.

Если необходимость контроля по i-той примеси установлена, то затем определяется очередность организации контроля за специфическими примесями, выбрасываемыми разными источниками. Для этого рассчитывается параметр требуемого потребления воздуха (ПВ_тⁱ) по формулам:

$$\text{ПВ}_{\text{т1}}^i = M_i / \text{ПДК}_{\text{с.с.}}^i$$

и

$$\text{ПВ}_{\text{т2}}^i = M_i / \text{ПДК}_{\text{м.р.}}^i$$

Если $\text{ПВ}_{\text{т1}}^1 > \text{ПВ}_{\text{т1}}^2 > \text{ПВ}_{\text{т1}}^3 > \dots$, то первой в список контролируемых примесей войдет примесь с наибольшим значением $\text{ПВ}_{\text{т1}}^1$ под номером 1, второй – примесь со следующим значением $\text{ПВ}_{\text{т1}}^i$ под номером 2 и т.д. Таким образом, составляется первый предварительный список примесей в порядке 1,2,3... Если несколько примесей имеют одинаковые значения $\text{ПВ}_{\text{т1}}^i$, то сначала записывается примесь класса опасности 1, затем 2, 3 и 4.

Аналогично рассчитываются и сравниваются параметры $\text{ПВ}_{\text{т2}}^i$ для разных примесей и составляется второй предварительный список. Затем для каждой примеси складываются порядковые номера мест в списке 1 и списке 2 и определяется сумма мест по двум спискам. При этом примеси, для которых нет ПДК_{м.р.}, включаются в список по удвоенному номеру места, полученному по значению $\text{ПВ}_{\text{т1}}^i$ и наоборот, если примесь не имеет ПДК_{с.с.}, то она включается в список по удвоенному номеру места, полученному по значению $\text{ПВ}_{\text{т2}}^i$. Если несколько примесей имеют одинаковые номера мест в окончательном списке, то очередность этих примесей устанавливается по классу опасности веществ. В первую очередь записываются примеси классов опасности 1 и 2.

На основе суммы мест составляется приоритетный список веществ, подлежащих наблюдениям в данном городе. Возглавляет список вещество с наименьшей суммой мест, за ним идут остальные в порядке возрастания суммы мест.

На основании приоритетного списка в каждом городе определяются вещества для организации контроля на постах. На опорных стационарных постах организуются наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ: пыли, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота, – и за специфическими веществами, которые характерны для промышленных выбросов многих предприятий данного города (населенного пункта).

На неопорных стационарных и маршрутных постах проводятся наблюдения за содержанием специфических примесей приоритетного списка, характерных для близлежащих источников выбросов. Наблюдения за основными примесями на этих постах проводятся по сокращенной программе или не проводятся, если среднемесячная концентрация этих веществ в течение года не превышала 0.5 среднесуточной ПДК. Одна специфическая примесь контролируется на 2-3-х стационарных поста одновременно.

Кроме веществ, приоритет которых установлен по изложенной методике, в обязательный перечень контролируемых в городе веществ включаются:

- растворимые сульфаты – в городах с населением более 100 тыс. жителей;
- формальдегид и соединения свинца – в городах с населением более 500 тыс.

жителей, поскольку эти примеси в большом количестве выбрасываются автомобилями;

- металлы – в городах с предприятиями черной и цветной металлургии;
- бенз(а)пирен – в городах с населением более 100 тыс. жителей и в населенных пунктах с крупными источниками выбросов;
- пестициды – в городах, расположенных вблизи крупных сельскохозяйственных территорий, на которых используются пестициды.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается при изменении данных инвентаризации промышленных выбросов, появлении новых источников выбросов, реконструкции предприятий, но не реже одного раза в три года.

Расширение перечня контролируемых веществ осуществляется после предварительных наблюдений, направленных на ориентировочную оценку состояния загрязнения. Такие наблюдения могут проводиться на стационарных, маршрутных постах или при эпизодических обследованиях.

При подфакельных измерениях наблюдения за основными примесями не проводятся, так как трудно выделить вклад исследуемого источника в уровень загрязнения воздуха этими примесями. Под факелом предприятия выполняются наблюдения за специфическими вредными веществами, характерными для выбросов этого предприятия.

6.4 Обследование состояния загрязнения атмосферы

Цель и виды обследования

Обследование состояния загрязнения атмосферы в городе или в крупном районе организуется для выяснения причин высоких уровней концентраций примесей, установления их неблагоприятного влияния на здоровье населения и окружающую среду и разработки мероприятий по охране атмосферы.

В зависимости от целей различают три вида обследования: эпизодическое – для ориентировочной оценки состояния загрязнения воздуха в населенном пункте и при выборе мест для размещения постов наблюдений; комплексное – для детального изучения особенностей и причин высокого уровня загрязнения, его влияния на здоровье населения и окружающую среду в целом, а также для разработки рекомендаций по проведению воздухоохраных мероприятий; оперативное – для выявления причин резкого ухудшения качества воздуха. В зависимости от вида обследования различаются объемы выполняемых работ как предварительных (до начала обследования), так и в процессе обследования.

На основании предварительного изучения материалов по обследуемому городу или району (особенностей климатических условий и состояния загрязнения атмосферы) составляется программа проведения обследования. По завершении обследования выполняется обобщение полученных данных наблюдений. На основании результатов обобщения разрабатываются конкретные рекомендации по проведению тех или иных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения или делается вывод о необходимости организации результатов наблюдений.

Информация, необходимая для организации обследования

До проведения любого вида обследования необходимо ознакомиться:

- с общей физико-географической характеристикой района для выбора местоположения постов наблюдений;
- с климатическими условиями распространения примесей в районе населенного пункта для определения периодов обследования, в течение которых возможны неблагоприятные и благоприятные условия рассеивания вредных веществ, с тем чтобы обследование проводилось в различных погодных условиях;
- с основными источниками загрязнения воздуха, количественным и качественным составом выбросов вредных веществ, особенностями технологических процессов с тем, чтобы провести обследование в местах возможного наибольшего загрязнения при различных режимах выбросов вредных веществ, характерных для действующих в населенном пункте предприятий;
- с состоянием загрязнения атмосферы города на основе всех имеющихся данных наблюдений или по косвенным показателям, с тем чтобы уточнить программу обследования.

На основании изучения перечисленных сведений составляется документ, в котором содержатся четыре основных раздела.

1. Физико-географическая характеристика района с указанием особенностей рельефа местности в пределах зоны радиусом 15-20 км, наличие водных объектов, растительных массивов.

2. Описание особенностей климатических условий распространения примесей в атмосфере на основе данных о повторяемости слабых и опасных скоростей ветра, застоев воздуха, приземных и приподнятых инверсий, их мощности и интенсивности, средних и максимальных значений коэффициента турбулентного обмена, продолжительности туманов, интенсивности осадков и количестве суммарной радиации.

3. Карта-схема, на которую нанесены основные автомагистрали, железные дороги и главные источники выбросов; сведения о выбросах вредных веществ, подготовленные в специальных формах. Они необходимы в первую очередь для того, чтобы установить качественный и количественный состав выбросов. Список вредных веществ, содержание которых в выбросах может привести к тому, что концентрации этих веществ в атмосфере превысят ПДК, устанавливается по правилам, изложенным выше.

Параметры промышленных выбросов могут быть использованы для расчета возможных максимальных концентраций вредных веществ в районе предприятия, т.е. они позволяют провести ориентировочные оценки степени загрязнения атмосферы при отсутствии данных наблюдений.

4. Оценка состояния загрязнения атмосферы города и отдельных жилых районов, сделанная по данным наблюдений, выполненных до организации обследования. При наличии данных регулярных наблюдений за год или несколько лет выполняется обобщение результатов наблюдений в соответствии с правилами. Если имеются лишь отдельные эпизодические или подфакельные наблюдения в районе источников загрязнения, выполненные в разные годы, то эти данные также

обобщаются за период не более 5 лет для получения основных статистических характеристик состояния загрязнения. Если данные наблюдений отсутствуют, то для оценки уровня загрязнения используются сведения о выбросах, позволяющие рассчитать значения максимальных концентраций или оценить по параметру потребления воздуха (ПВ) возможности возникновения концентраций выше ПДК.

Результаты изучения особенностей климатических условий и состояния загрязнения атмосферы в городе используются для составления программы наблюдений при проведении обследования. В тех случаях, когда предусматривается изучение влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения, выбор пунктов наблюдений следует осуществлять с учетом методических указаний Минздрава Украины.

Эпизодическое обследование

При отсутствии регулярных наблюдений за загрязнением атмосферы, в городах и районах крупных промышленных объектов организуется эпизодическое обследование состояния загрязнения атмосферы. Оно может быть двух видов: в различных точках города или на разных расстояниях от промышленного предприятия под факелом выбросов вредных веществ.

Эпизодические обследования могут проводиться в течение 3-5 лет или только в течение одного года. Экспедиция в район обследования направляется один раз в 2-3 месяца и проводит там серию наблюдений в течение 10-15 дней с учетом необходимости получения за год не менее 200 наблюдений за концентрацией каждой примеси независимо от количества точек наблюдений. Наблюдения могут проводиться по одной из программ, рекомендованных для регулярных наблюдений, в те же сроки. Могут быть проведены и учащенные наблюдения. Например, для изучения суточного хода концентрации примеси измерения могут выполняться каждые 2 часа. Число точек наблюдений может быть любым в зависимости от имеющихся материальных и людских ресурсов, но не менее двух.

В программе проведения эпизодического обследования указываются: место проведения обследования (город, район), количество точек наблюдений, периоды наблюдений, сроки наблюдений в течение каждого периода, перечень вредных веществ, которые необходимо контролировать, и планируемое общее количество наблюдений за каждой примесью в каждой точке. Эпизодическое обследование может быть ограничено проведением подфакельных наблюдений в районе одного из основных источников загрязнения атмосферы. При эпизодическом обследовании измерения концентраций примеси под факелом проводятся не менее, чем в трех точках на расстоянии 0.5; 1 и 3 км от границы санитарно-защитной зоны предприятия.

При подфакельных наблюдениях проводятся измерения концентраций специфических вредных веществ, характерных для выбросов обследуемого предприятия. Общее количество наблюдений на каждом расстоянии от предприятия за одной примесью должно быть не менее 50.

В случае обследования промышленного предприятия в программе обследования указывается количество точек наблюдений, их расстояние от предприятия и перечень веществ, измеряемых при обследовании. При проведении обследования используют стандартные приборы и оборудование. На основании выполненных работ

составляется справка о состоянии загрязнения атмосферы, и при необходимости даются рекомендации по организации регулярных наблюдений.

Комплексное обследование Подготовительные мероприятия

При разработке мероприятий по оздоровлению воздушного бассейна отдельного города или крупного промышленного района иногда необходимо детальное изучение состояния загрязнения атмосферы с целью выделения районов, подверженных влиянию определенных источников загрязнения, уточнения распределения по территории города содержания основных и некоторых специфических вредных веществ, наблюдения за которыми ранее не проводились, уточнения правильности расчета полей максимальных концентраций при разработках нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ), особенностей переноса вредных выбросов на десятки, а иногда и сотни километров от источника и изучения взаимного влияния отдельных промышленных центров на крупный промрайон. До проведения обследования осуществляется ознакомление с общей физико-географической характеристикой района, основными источниками выбросов и состоянием загрязнения атмосферы в различных районах города. По этим данным сначала составляется подробный обзор состояния загрязнения атмосферы города (или промрайона), а затем разрабатывается программа комплексного обследования.

Составление программы обследования

После предварительного ознакомления с объектом изучения, выявляют промышленные предприятия, загрязняющие атмосферу, определяется перечень вредных веществ, наблюдения за которыми необходимо организовать, период года, в течение которого возможны условия накопления примесей в атмосфере, место вероятного максимума загрязнения, автомагистрали с наиболее интенсивным движением автомобилей и устанавливается необходимое количество и местоположение стандартных постов. Затем составляется программа обследования. Она должна включать следующие работы:

- уточнение характеристик выбросов промышленных предприятий и автотранспорта (перечень предприятий, подлежащих обследованию веществ, выбросы которых должны определяться и уточняться, автомагистралей для определения характеристик движения с указанием периода обследования и их частоты);

- изучение мезометеорологического режима (определение метеопараметров, за которыми должны проводиться наблюдения, сроков проведения наблюдений, указание точек наблюдений на карте-схеме);

- определение программы наблюдений: установление количества стационарных постов и дополнительных точек наблюдений с указанием их местоположения на карте-схеме города, перечня подлежащих контролю веществ и сроков наблюдений, перечня предприятий, в районе которых будут проведены подфакельные наблюдения, с указанием расстояний и количества точек наблюдений, сроков наблюдений и веществ, концентрации которых будут определяться;

- сбор медико-биологических сведений (определение перечня показателей, мест обследования и т.п.), который производится в соответствии с методическими указаниями Минздрава, а также со специальными программами по изучению влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения.

Обследование должно проводиться по расширенной программе, включающей измерения не только на территории города, но и за его пределами, а также на различных высотах над городом, чтобы оценить дальность и высоту распространения вредных примесей от городов, их влияние на изменение концентраций во всем жизнедеятельном слое на территории города или в целом промышленного района.

Если в городе проводится систематический контроль загрязнения атмосферы, то существующая сеть пунктов принимается за репер, так как имеет длительный период наблюдений и позволит выявить отклонения в режиме концентраций примесей. В период обследования сеть постов значительно расширяется (один стационарный пост на 0.5-5 км). В зависимости от задач обследования, посты располагаются на перекрестках улиц с оживленным движением, у обочины крупных автомагистралей, на различных расстояниях от мощных промышленных предприятий или промплощадок в направлении преобладающего ветра, в жилых районах разного типа застройки, в местах отдыха населения, на территориях школ и детских садов, в формах рельефа (возвышенностях, впадинах), в районе метеостанции. Выбранные точки должны располагаться по возможности равномерно по городу на площадках с непылящим покрытием (газон, асфальт, твердый грунт) на проветриваемых местах. Для выявления влияния города на окружающую местность целесообразно также установить один стационарный пост на расстоянии 1-3 км от города на наветренной стороне по преобладающему направлению ветра и на расстоянии 2-5 км – на подветренной стороне.

Рекомендуется проводить наблюдения на различных уровнях над землей, в частности, путем использования телевизионных мачт и установки на них газоанализаторов или приборов для отбора проб воздуха, а также с помощью вертолетов - зондирование атмосферы, сопровождаемое отбором проб воздуха.

Сроки отбора проб воздуха на стационарных и маршрутных постах зависят от программ наблюдений. Большое количество постов измерений требует значительного количества обслуживающего персонала и техники. Поэтому изучение загрязнения может проводиться последовательно в отдельных районах города. При этом на стационарных постах наблюдения выполняются постоянно, а на дополнительной сети наблюдений в отдельных районах города – периодически в течение двух месяцев года - в теплый и холодный периоды. Деление города на части проводится по географическим (например, город разделен реками или формами рельефа), административным или производственным признакам в зависимости от его размеров и степени индустриализации. Например, в городе выбрано для изучения 20 постов, пять из которых являются стационарными постами сети ОГСНКА, т.е. реперными. В соответствии с размерами и расположением промышленных объектов город можно разделить на части, в каждой из которых имеются стационарные (реперные) посты и 4-6 дополнительных. Наблюдения на стационарных постах проводятся в течение всего года в рекомендованные стандартными программами сроки, а на дополнительных – в различные месяцы (июнь и декабрь, июль и январь, август и февраль). Если обследование продолжается более двух лет, то целесообразно менять месяцы, в которые проводятся наблюдения.

Программа обследования должна быть рассчитана на комплексное изучение в течение 1 года или двух-трех лет.

Для обеспечения получения статистически достоверных характеристик загрязнения атмосферы общее количество наблюдений за одной примесью в одной точке должно быть не менее 200, на одном расстоянии от предприятий за одной примесью – не менее 50 в год.

В программе следует указать сроки подготовки результатов обобщения и анализа информации.

Работы по комплексному изучению состояния загрязнения атмосферы должны быть организованы и проводиться совместно рядом заинтересованных организаций под руководством управления гидрометеорологической службы: санитарно-эпидемиологической службой, специализированными НИИ, предприятиями, учреждениями геолого-почвенного профиля (для оценки состава почвы с целью выявления отложений в ней вредных веществ), медико-биологического профиля (для определения влияния загрязнения атмосферы на биосферу, растительность и живые организмы, в том числе человека).

В программе должны быть указаны задачи, решаемые каждой организацией. Для общей координации работ решением местных Советов может быть создана специальная комиссия, которая сможет разместить заказы на изготовление оборудования, решить вопрос о выделении на период обследования служебных помещений, организовать охрану приборов и установок и т.п.

Проведение подфакельных наблюдений

Для определения максимальных значений концентрации загрязняющих веществ, которые создаются при направленных выбросах от предприятий на тот или иной район города, а также размера зоны распространения примесей от данного предприятия, организуются подфакельные наблюдения, т.е. измерения концентраций примесей под осью факела выбросов из труб промышленных предприятий. Местоположение точек, в которых производится отбор проб воздуха для определения концентраций вредных веществ, меняется в зависимости от направления факела.

Подфакельные наблюдения проводятся в районе отдельно стоящего источника выбросов или группы источников как на территории города, так и за его пределами. Для проведения наблюдений, перевозки аппаратуры, с помощью которой осуществляется отбор проб воздуха, источников питания и радиостанций с радиусом действия не менее 10-15 км, необходима автомашина. С помощью автомобиля можно довольно быстро перемещаться из одной точки в другую и проводить наблюдения одним наблюдателем и одним комплектом аппаратуры в нескольких точках с некоторым сдвигом наблюдений по времени. За рабочую смену (8 ч.) на одной машине можно провести наблюдения в 8-10 точках. Если на каждом пункте проводить наблюдения не менее двух раз в день, то с помощью одной машины можно осуществлять наблюдения в 4-5 точках.

Отбор проб при подфакельных наблюдениях проводится на расстояниях 0.5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 30 км. Данные наблюдений на близких расстояниях от источника (0.5 км) характеризуют загрязнение атмосферы низкими источниками и неорганизованными выбросами, а на дальних – сумму от низких, неорганизованных и высоких выбросов.

Измерения концентраций проводятся в центральных (осевых) точках, расположенных по оси факела на различных расстояниях от источника выброса, и в

точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Расстояние между точками зависит от ширины факела: по мере удаления от источника выброса оно увеличивается и может колебаться от 50 до 300-400 м. Проведение отбора проб в зоне влияния факела предприятия на разных расстояниях от источника дает возможность проследить изменение концентраций вдоль факела и получить более достоверные данные. В случае изменения направления факела наблюдения перемещаются в зону влияния факела. Если из-за препятствий (водоемы, отсутствие подъездных дорог и т.д.) установить место положения отбора проб на необходимых расстояниях от источника под факелом не представляется возможным, выбираются другие точки.

Более часто следует проводить наблюдения на расстояниях 10-40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность проявления максимума концентраций. Наблюдения проводятся за специфическими веществами, характерными для данного предприятия, и с таким расчетом, чтобы на каждом расстоянии от источника было не менее 50 измерений каждого вещества.

При выполнении подфакельных наблюдений наиболее существенной частью работы является установление направления факела и выбор точек отбора проб. Направление факела определяется по визуальным наблюдениям за очертаниями дыма. Если дымовое облако отсутствует, то направление факела определяется по направлению ветра (по данным шаропилотных наблюдений) на высоте выброса, по запаху вредных веществ, характерных для обследуемого источника, и по видимым факелам близлежащих источников.

Отбор проб воздуха под факелом осуществляется на высоте 1,5-3,5 м от поверхности земли в соответствии с методикой, применяемой при наблюдениях на стационарном посту. Подфакельные наблюдения следует выполнять в сроки проведения измерений на стационарных и маршрутных постах и дополнительно в другие сроки, чтобы изучить распределение максимальных концентраций в различные часы суток.

Измерение уровня загрязнения воздуха, обусловленного выбросами автотранспорта

Этот вид транспорта по ряду примесей может быть основным источником загрязнения атмосферного воздуха. Количество вредных выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта, зависит от следующих факторов: качественного и количественного составов парка автомобилей, условий организации уличного движения, архитектурно-планировочных особенностей сети автомагистралей и ряда других факторов. В настоящее время действуют несколько ГОСТов и ОСТов, регламентирующих содержание оксида углерода и других примесей в отработавших газах (ОГ). Они определяют также требования к выбросам бензиновых и дизельных двигателей.

ГОСТ 17.2.2.03 87 регламентирует предельно допустимое содержание углеводородов и оксида углерода в ОГ бензиновых двигателей неподвижного автомобиля, когда двигатель работает в двух режимах холостого хода: при минимальной и повышенной частотах вращения коленчатого вала.

ОСТ 37.001.05474 определяет предельно допустимый выброс двигателем автомобиля оксида углерода, оксидов азота и углеводородов при так называемом ездовом цикле, во время которого на стенде двигатель работает в четырех режимах движения, характеризующих движение автомобиля в условиях города с населением

более 1 млн жителей. В этом ОСТе указаны нормы выброса разделенных по группам легковых автомобилей массой до 3500 кг, а также ужесточенные нормы выброса по годам. ОСТ применяется на автозаводах Минавтопрома и в специализированных организациях.

ОСТ 37.001.07075 определяет предельно допустимый выброс бензиновым двигателем грузового автомобиля оксида углерода, оксидов азота и углеводородов при испытании на моторном стенде по нагрузкам, начиная от холостого хода и кончая максимальной мощностью. ОСТом определено дифференцированное по годам ужесточение норм выбросов. Этот ОСТ используется только на заводах Минавтопрома.

Автомобили с бензиновыми двигателями при эксплуатации в жаркое время года выбрасывают в атмосферный воздух пары углеводородов при испарении бензина из бензобаков, карбюраторов и при заправке на бензоколонках. В настоящее время охрана атмосферного воздуха от выбросов вредных веществ автотранспортом обеспечивается правовыми актами и стандартами. Проверка токсичности ОГ автомобильных двигателей на предприятиях, имеющих менее 50 автомашин, проводится специализированными организациями. Не разрешается выпуск на линию машин с концентрацией в ОГ вредных веществ, превышающей нормы, регламентированные ГОСТом. Токсичность ОГ автомобилей проверяется при техническом обслуживании, после регулировки карбюратора, а также при выборочных проверках контролирующими органами ГИБДД, Инспекцией Госкомприроды, СЭС.

Оценка соответствия регулировки систем питания и зажигания нормативным критериям осуществляется только инструментальными методами. С этой целью на автотранспортных предприятиях создаются **стационарные посты и подвижные лаборатории контроля** токсичности ОГ. Результаты контроля заносятся в карточку учета проверок содержания вредных веществ в ОГ автомобильного двигателя. Продолжительность контроля на таком посту составляет 3-5 мин.

К числу обязательных мероприятий контроля загрязнения атмосферного воздуха ОГ автотранспорта относится проверка организации работ по снижению вредного влияния автотранспорта на автопредприятиях, станциях технического обслуживания и авторемонтных заводах. Также проводится проверка наличия контрольно-измерительных приборов и др. Приказом по автопредприятию должны быть назначены ответственные лица за проведение проверки автомобилей на соответствие ОГ нормам стандартов по токсичности. Кроме того, должно быть организовано систематическое обучение персонала, занимающегося ремонтом, контролем и регулировкой двигателей автомобилей.

На всех станциях технического обслуживания автомобилей должна проводиться проверка содержания оксида углерода в ОГ индивидуальных машин, и в случае необходимости должны выполняться работы по ремонту и регулированию систем питания и зажигания двигателей. По результатам проверки владельцам машин выдаются специальные талоны. Если при проведении годовых осмотров или оперативном контроле автотранспорта на линии органами ГИБДД обнаружено превышение норм выбросов, машины не допускаются к эксплуатации.

Измерение уровня загрязнения воздуха, обусловленного выбросами автотранспорта, проводится в комплексе с измерением уровня загрязнения выбросами промышленных источников, но может проводиться и самостоятельно.

Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях и в прилегающей жилой застройке может быть проведена на основе определения в воздухе содержания как основных компонентов выхлопных газов (оксида углерода, углеводородов, оксидов азота, акролеина, формальдегида, соединений свинца), – так и продуктов их фотохимических превращений (озона и др.)

Для изучения особенностей загрязнения воздуха выбросами автотранспорта организуют специальные наблюдения, в результате которых определяют:

- максимальные значения концентраций основных примесей, выбрасываемых автотранспортом в районах автомагистралей, и периоды их наступления при различных метеоусловиях и интенсивности движения автотранспорта;

- границы зон и характер распределения примесей по мере удаления от автомагистралей;

- особенности распространения примесей в жилых кварталах различного типа застройки и в зеленых зонах, примыкающих к автомагистралям;

- особенности распределения транспортных потоков по магистралям города.

Наблюдения проводятся во все дни рабочей недели ежечасно с 6 до 13 ч или с 14 до 21 ч, чередуя дни с утренними и вечерними сроками. В ночное время наблюдения проводятся один – два раза в неделю.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах в районах с интенсивным движением транспорта и располагаются на различных участках улиц в местах, где часто проводятся торможения автомобилей и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей. Кроме того, пункты организуются в местах скопления вредных примесей за счет слабого рассеяния (под мостами, путепроводами, в туннелях, на узких участках улиц и дорог с многоэтажными зданиями), а также в зонах пересечения двух и более улиц с интенсивным движением транспорта.

Места для размещения приборов выбираются на тротуаре, на середине разделительной полосы при ее наличии и за пределами тротуара - на расстоянии половины ширины проезжей части одностороннего движения. На улицах пересекающих основную автомагистраль, пункты наблюдения размещаются на краях тротуаров и на расстояниях, превышающих ширину магистрали в 0,5; 2; 3 раза.

В кварталах старой застройки (сплошные ряды зданий с отдельными арочными проемами в них) места для размещения пунктов наблюдения выбираются в центре внутриквартального пространства.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах с интенсивным движением транспорта и располагаются на различных участках улиц в местах, где часто производится торможение автомобилей и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей. Кроме того, пункты наблюдения организуются в местах скопления вредных примесей из-за слабого рассеяния (под мостами, путепроводами, в туннелях, на узких участках улиц и дорог с многоэтажными зданиями), а также в зонах пересечения двух и более улиц с интенсивным движением транспорта.

Приборы размещаются на тротуаре, на середине разделительной полосы при ее наличии и за пределами тротуара на расстоянии половины ширины проезжей части одностороннего движения. Пункт, наиболее удаленный от автомагистрали, должен располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от стены здания. На улицах, пересекающих основную автомагистраль, пункты наблюдения размещаются на краях тротуара, а также на расстояниях, превышающих ширину магистрали в 0,5, 2 и 3 раза.

Интенсивность движения определяется путем учета числа проходящих транспортных средств, которые подразделяются на пять основных категорий (легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы, дизельные автомобили, микроавтобусы и мотоциклы), ежедневно в течение 2-3 недель в период с 5-6 ч до 21-23 ч, а на транзитных автомагистралях в течение суток. Подсчет числа проходящих транспортных единиц проводится в течение 20 мин каждого часа, а в 2-3-часовые периоды наибольшей интенсивности движения автотранспорта каждые 20 мин. Средняя скорость движения транспорта определяется на основе показателей спидометра автомашины, движущейся в потоке транспортных средств, на участке протяженностью от 0,5 до 1 км данной автомагистрали. На основании результатов наблюдений вычисляются средние значения интенсивности движения автотранспорта в течение суток (или за отдельные часы) в каждой из точек наблюдения.

Единовременные измерения выбросов CO и CH в ОГ автомобилей производятся с помощью газоанализаторов типа ГИАМ.

Изучение уровня загрязнения воздуха в промышленном районе

Изучение уровня загрязнения воздуха промышленного района включает наблюдения в отдельных городах и промышленных поселках этого района, вне городов и населенных пунктов, по радиальным маршрутам за пределами города и промрайона.

Одновременно с наблюдениями за уровнем загрязнения атмосферы могут проводиться наблюдения за содержанием вредных веществ в почве и растительности, химическим составом осадков, коррозией металлических поверхностей и конструкций.

При организации изучения уровня загрязнения атмосферы промрайона необходимо выбрать опорный город в той части района, которая вносит основной вклад в загрязнение атмосферы. Важно, чтобы в опорном городе имелся ряд наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы и чтобы в период изучения промрайона сохранились систематические наблюдения. Если в этом городе отсутствует сеть наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы, то такие наблюдения необходимо организовать. В остальных городах в период изучения должны быть также организованы наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы.

Программа изучения состояния загрязнения атмосферы может выполняться одновременно во всех городах района или последовательно в разных городах, но при сохранении непрерывных наблюдений в опорном городе.

Организация внегородских наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы предусматривает выбор стационарных пунктов за пределами города на территории промышленного района. Количество пунктов зависит от площади промрайона и от расстояния между городами. Пункты должны размещаться между городами (не на автомагистралях) в небольших поселках или малонаселенных местах, где крупные источники выброса вредных веществ отсутствуют, а также за пределами промрайона на расстоянии до 50 км. Наблюдения на этих пунктах проводятся по той же программе, что и на стационарных (маршрутных) постах; при этом допускается сдвиг сроков наблюдений. Целесообразно организовать непрерывный отбор среднесуточных проб.

Для изучения уровня загрязнения атмосферы, обусловленного влиянием источников выбросов отдельных городов промрайона, используется система радиальных маршрутов, предусматривающая как бы проведение подфакельных наблюдений, где за источник выброса принимается весь город. Конкретная реализация этого типа наблюдений следующая. Автомашина, оснащенная оборудованием для отбора проб воздуха и метеорологических наблюдений, передвигается от одного города к другому по направлению ветра с остановками для проведения измерений на расстояниях (от административной черты города) 1, 5, 10, 20 км и далее через 20 км до административной черты следующего города. В то же время выполняются отборы проб на пунктах в городе, от которых начинается радиальные маршруты. Для получения статистически обоснованных результатов рейсы по одному и тому же маршруту должны повторяться не менее 10 раз с проведением не менее 50 измерений в каждой точке наблюдений. При радиальных маршрутах факел вредных веществ от города может не совпадать с направлением ближайшей автомагистрали. В таких случаях целесообразно прекратить наблюдения по маршруту и провести наблюдения по другим подветренным маршрутам, связывающим другие города. Отбор проб следует проводить не на автомагистрали, а на расстоянии 200-300 м от нее. Наблюдения на радиальных маршрутах являются очень трудоемким и дорогим мероприятием, поэтому они должны выполняться с максимально возможной тщательностью, чтобы не допустить погрешностей в измерениях.

6.5 Косвенные методы исследования уровня загрязнения атмосферы

Кроме наблюдений непосредственно за уровнем загрязнения атмосферы, используются также косвенные методы, к числу которых относится отбор проб атмосферных осадков, определение содержания вредных веществ в снеге, почве и растительности.

Результаты анализа химического состава осадков позволяют не только оценивать вклад локальных источников выбросов примесей, но и перенос этих примесей вместе с воздушными массами. Сбор атмосферных осадков и их химический анализ для получения надежных характеристик должны продолжаться не менее двух-трех лет. Сбор осадков должен осуществляться на пунктах наблюдений (на метеостанциях, гидрометеорологических постах), расположенных вне города, и на городских стационарных пунктах в наиболее чистом и в наиболее загрязненном месте.

Основным условием получения надежных данных химического состава осадков является точное исполнение методических рекомендаций. Накопление вредных веществ в почве и растительности происходит главным образом за счет их поступления из атмосферы. Поэтому изучение загрязнения почвы, поврежденной растительности или накопления в ней примесей может оказать существенную помощь в оценке содержания в атмосфере вредных веществ. Места взятия образцов почвы и растительности должны находиться, по-возможности, вблизи точек отбора проб воздуха.

Наблюдения за содержанием в атмосфере коррозионно-активных примесей

Организации при проектировании крупных промышленных объектов, например таких, как атомные электростанции, проводят инженерные изыскания, целью которых является определение коррозионной активности атмосферы в районе предполагаемого строительства. В ходе работ предусматривается проведение наблюдений за содержанием коррозионно-активных примесей в атмосфере (главные из которых диоксид серы, хлориды).

В зависимости от результатов наблюдений проектирующие организации выбирают меры по защите сооружений от атмосферной коррозии в соответствии с ГОСТ 15.150-69, согласно которому выделяются четыре типа атмосферы по загрязнению ее диоксидом серы в промышленных районах и хлоридами на побережьях морей и в районах с сильно засоленными почвами.

Наблюдения за содержанием в воздухе коррозионно-активных примесей в районе предполагаемого строительства проводят в течение одного-двух лет на специальных постах, оборудованных для отбора проб воздуха и пыли. Расположение постов и их количество должны быть репрезентативными для исследуемого района.

Наблюдения проводят ежедневно один раз в сутки на высотах 1,5; 10; 30 и 40 м от поверхности земли. В период выпадения осадков в виде дождя и снега пробы не отбираются, а при пыльных бурях продолжительность отбора проб сокращается.

При организации наблюдений составляют физико-географическое описание исследуемого района, в котором должны быть отражены основные метеорологические характеристики. Дополнительно включают данные о среднемесячной продолжительности выпадения осадков, туманов.

Отражаются также сведения о расположенных в радиусе 40 км промышленных предприятиях, солончаках и других влияющих на химический состав атмосферы естественных и антропогенных объектах.

По результатам систематических анализов проб воздуха и аэрозолей определяются среднемесячные концентрации диоксида серы и хлоридов для каждого поста наблюдений. Интенсивность выпадения хлоридов ($\text{мг/м}^2 \cdot \text{сут}$) на подстилающую поверхность рассчитывается по следующей формуле:

$$П = 8,64 \cdot 10^4 q (w + 0.48u),$$

где q - среднемесячная концентрация хлоридов в воздухе, мг/м^3 ;

w - скорость гравитационного осаждения хлоридов, м/с ;

u - среднемесячная скорость ветра на уровне флюгера, м/с .

Скорость гравитационного осаждения хлоридов, выносимых с поверхности морей, принимается равной 0.064 м/с , а с засоленных почв 0.002 м/с .

Определение типа атмосферы в зависимости от ее загрязнения диоксидом серы и хлоридами производят по таблице 10.

По окончании общего цикла наблюдений проектирующей организации передается отчет, в котором представляются данные о содержании коррозионно-активных примесей атмосферы в исследуемом районе и определяется тип атмосферы в соответствии с ГОСТ 15.150-6.

Табл. 10 – Классификация атмосферы по степени загрязнения коррозионно-активными веществами (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Тип атмосферы	Содержание коррозионно-активных веществ	
	диоксид серы, мг/м ²	хлориды, мг/м ² · сут
I Условно чистая	не более 0.025	менее 0.3
II Промышленная	0.025-0.13	менее 0.3
III Морская	не более 0.025	30-300
IV Приморско-промышленная	0.025-0.13	0.3-30

Анализ и обобщение результатов обследования состояния загрязнения атмосферы

Характеристики загрязнения определяются за различные интервалы времени, в течение которых проявляется изменчивость загрязнения атмосферы, например за сутки, неделю или более длительные периоды. Анализ данных наблюдений может быть проведен с учетом различных метеорологических условий, слабых скоростей ветра, длительных периодов инверсий температуры воздуха, застоев воздуха и так далее. Обобщение материалов наблюдений выполняется отдельно по каждой точке измерений, по различным зонам в городе, по городу в целом и по промышленному району.

Для анализа влияния метеорологических условий на загрязнение воздуха используются результаты наблюдений за уровнем загрязнения воздуха на постах в городе и данные метеорологических наблюдений на ближайшей метеостанции.

Если в городе проводились наблюдения за уровнем загрязнения воздуха на различной высоте от земли, то они также используются для анализа. Эти данные позволяют сделать заключение о закономерностях изменения концентраций с высотой. Наблюдения за содержанием вредных примесей с помощью вертолетов дают возможность получить вертикальные разрезы концентраций вредных примесей над городом и охарактеризовать поле концентраций примесей на разных высотах. Пространственное распределение содержания вредных примесей в атмосфере представляют с помощью изолиний. Это позволяет выявить структуру "дымовой шапки" над городом и ее протяженность в зависимости от преобладающего направления ветра.

Результаты наблюдений на телевизионной башне в городе представляют в виде графиков вертикального распределения концентраций примесей. Исследуется зависимость значений концентрации от метеорологических параметров, таких как направление и скорость ветра, а также температура воздуха на разных высотах.

При изучении уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами устанавливается зависимость содержания примесей в атмосфере от интенсивности движения автотранспорта, ширины улиц и магистралей, времени суток и метеоусловий, а также от вида и плотности застройки, высоты зданий, степени озеленения.

При изучении распространения примесей от одиночного источника можно использовать данные распределения концентраций, полученные в результате расчетов максимально возможной концентрации (C_m) на ЭВМ по параметрам

выбросов. На основании результатов наблюдений проверяется надежность выполненных расчетов.

Если в городе проведена микрометеорологическая съемка, ее результаты используются для описания поля метеорологических элементов в городе. Например, в зависимости от времени суток и времени года можно построить карты изолиний температуры воздуха и определить местоположение и время максимального развития "острова тепла" в городе, его смещения в зависимости от преобладающего направления ветра.

На основании характеристик загрязнения атмосферы по разным районам проводится анализ влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения, проживающего в данной местности. На основании результатов анализа данных наблюдений составляется обобщающий отчет с рекомендациями по улучшению экологической ситуации и по оптимизации сети наблюдений.

6.6 Контроль состояния воздуха и газовых потоков

При осуществлении контроля за состоянием воздуха как на территории населенных пунктов, так и в рабочей зоне производственных помещений используют качественный и количественный анализ газовых смесей. С помощью качественного анализа определяют присутствие в воздухе или газовых потоках отдельных компонентов, не устанавливая их содержания. При количественном анализе определяют состав газовой смеси (%) или содержание в ней определенного компонента (компонентов). На практике обычно не требуется полного анализа газовой смеси и определяются лишь некоторые, наиболее важные ее составляющие.

Качественный анализ газовых смесей производится с помощью органолептического или индикационного метода или с использованием пористых поглотителей.

Органолептический метод основан на определении примесей, содержащихся в атмосфере или газовых выбросах, по цвету или запаху. К газам, обладающим специфическим цветом, относят фтор, хлор, диоксид азота и некоторые другие; специфическим запахом отличаются хлор, аммиак, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, фтористые соединения, цианиды, некоторые углеводороды и другие органические соединения. Однако индикацию газов органолептическим методом нельзя считать достоверной, так как возможная ошибка зависит не только от субъективных особенностей человека, но и от того, что специфический цвет или запах могут маскироваться окраской и запахом других примесей.

Индикационный метод основан на изменении окраски индикаторной бумаги, пропитанной соответствующими реактивами, в присутствии того или иного компонента газовой смеси. Так, красная лакмусовая бумага синееет в присутствии NH_3 и остается без изменения в присутствии кислых примесей (HCl , H_2S , SO_2 , CO_2 , NO , NO_2), красная и синяя лакмусовая бумага обесцвечиваются в присутствии хлора; бумага, пропитанная раствором ацетата свинца, чернеет в присутствии H_2S .

Индикация с помощью жидких или пористых поглотителей заключается в просасывании воздуха через жидкость, в которой растворен соответствующий реагент, или сквозь пропитанный реагентом пористый материал (силикагель, пемза, цеолиты). О наличии в воздухе или отходящих газах определяемой примеси судят по изменению окраски раствора или реагента, пропитывающего пористый материал.

Отбор проб газа на анализ

Первым условием точного определения содержания в газовой смеси какого-либо компонента является правильный отбор пробы для анализа и ее обработка. При отборе пробы газа необходимо учитывать, в каком агрегатном состоянии находится определяемое вещество и те вещества, что ему сопутствуют, а также является ли проба типичной и характерной для общей массы анализируемого газа.

В зависимости от состояния, в котором находится определяемое вещество, выбирают метод его выделения. Для улавливания газа или пара включающую их газовую смесь обычно протягивают через поглотительные приборы, содержащие жидкость, способную поглотить определяемый газ.

Для поглощения аэрозолей, как правило, используют твердые поглотители - вату, лигнин.

При отборе проб необходимо заранее установить скорость прохождения воздуха через пробоотборник и число поглотительных сосудов, необходимых для улавливания подлежащих анализу примесей в виде газа, аэрозоля, пыли. В каждой точке принято отбирать не менее двух параллельных проб, причем результаты параллельных анализов не должны расходиться более чем на 10%.

Если для анализа требуется большой объем газа, для его отбора используют калиброванные газометры емкостью от 4 до 25 л.

Для отбора проб газа, содержащего токсичные примеси в небольшой концентрации, используют аспираторы, в которых определенный объем газа проходит через поглотительную среду, где он растворяется или связывается химически. Постепенно определяемые примеси накапливаются в поглотителе в количествах, достаточных для аналитического определения. Скорость аспирации через жидкие поглотительные среды не должна превышать 1.5-2 л/мин.

Водяной аспиратор состоит из двух сосудов, соединенных резиновой трубкой и находящихся на разной высоте. Верхний сосуд наполнен водой. Когда вода перетекает в нижний сосуд, в верхнем - создается разрежение, вызывающее поток исследуемого газа через поглотительные приборы с жидким сорбентом.

Эффективность поглощения компонентов газовой смеси в значительной степени зависит от используемого поглотителя. Самой высокой поглощающей способностью обладают твердые сорбенты - активированный уголь, цеолиты, силикагель. Обычно для отбора проб газовых смесей используют силикагель марок МСШ, ШСК, АСМ, ШСМ с размером зерен 0.25 – 0.5 мм, который помещают в U-образные трубки с боковыми отводами.

В качестве жидких поглотителей применяют растворы кислот, солей и оснований и некоторых веществ сложного состава (неорганических и органических).

Анализ газов

Для анализа газов используют широкий ассортимент приборов, называемых газоанализаторами. Выбор метода газового анализа и соответственно газоанализатора определенного типа диктуется особенностями анализируемого компонента, которые отличают его от других компонентов смеси. В практике заводских лабораторий и научно-исследовательских организаций используют газоанализаторы механические, тепловые, магнитные, электрические, оптические, хроматографические, масс-спектральные.

Действие механических газоанализаторов основано на измерении молекулярно-

механических параметров анализируемой газовой смеси и их изменении при химическом или физико-химическом извлечении из смеси определяемого компонента. В зависимости от измеряемой механической характеристики различают газоанализаторы вискозиметрические, денсиметрические (плотномерные), акустические, диффузионные и объемно-манометрические. Последние получили наибольшее распространение.

Анализ газовой смеси с применением объемно-манометрических (ОМ) газоанализаторов основан на изменении объема газовой пробы в результате извлечения из нее определяемого компонента или суммы нескольких компонентов. Это извлечение осуществляется при постоянных температуре и давлении с помощью химической реакции, селективной по отношению к определяемому компоненту, или за счет физического воздействия на пробу, дающего тот же результат. Уменьшение объемной доли газовой смеси (в процентах) к первоначальному соответствует содержанию извлеченного компонента. ОМ-газоанализаторы используют для периодических наблюдений за содержанием в атмосфере и газовых выбросах CO_2 , SO_2 , NH_3 , O_2 , H_2 , гремучей смеси ($2\text{H}_2 + \text{O}_2$) и некоторых других газов.

Стационарные ОМ-газоанализаторы имеют пределы измерений от 10^{-3} до $10^{-7}\%$.

К недостаткам ОМ-газоанализаторов следует отнести длительность и сравнительно невысокую точность определений.

Действие тепловых газоанализаторов основано на изменении тепловых свойств определяемого компонента при изменении его концентрации. Тепловые газоанализаторы подразделяют на термохимические (ТХ) и газоанализаторы теплопроводности (ТП). Принцип действия ТХ-газоанализаторов основан на определении теплового эффекта химической реакции, величина которого пропорциональна содержанию контролируемого компонента. Этот метод применим для определения всех газов, легко вступающих в реакции, которые протекают количественно и с большим тепловым эффектом (H_2 , CO , H_2S , CO_2 , SO_2 , углеводороды и т. п.). ТХ-анализаторы можно использовать для анализа газовых смесей в широком диапазоне (1 - 100% по объему; погрешность измерений лежит в пределах от ± 2 до $\pm 10\%$). Действие ТП-анализаторов основано на изменении теплопроводности газов и паров с изменением их концентрации. Теплопроводность измеряют по теплоотдаче платиновой нити, помещенной в контролируемую газовую смесь и нагреваемой от источника тока. О содержании определяемого компонента газовой смеси судят по изменению электрического сопротивления нити.

ТП-анализаторы различных марок (ТП-1120, ТП-1116, ТКГ-4, ТКГ-5, ГАХ-239 и др.) используют для определения H_2 , O_2 , NH_3 , O_2 , SO_2 , Cl_2 и других компонентов в сложных газовых смесях, в том числе содержащих H_2 и O_2 во взрывоопасном соотношении и в воздухе. Пределы измерения с помощью ТП-газоанализатора колеблются от 0 до 80%, погрешность определения - от ± 2.5 до $\pm 5\%$.

Анализ газовых смесей на магнитных газоанализаторах основан на различиях в парамагнитных свойствах газов. На практике анализаторы этого типа используются для определения O_2 , обладающего достаточно высоким парамагнетизмом, в воздухе, смеси непредельных углеводородов, в промышленных газах, содержащих CO , CO_2 , CH_4 , H_2 и N_2 , в отходящих газах цементных печей и топочных газах. Точность определения составляет $\pm 2 - \pm 5\%$.

Для анализа газовых смесей применяют электрические газоанализаторы, действие которых основано на изменении какого-либо электрического свойства газа

или жидкости, с которой газ прореагировал. В качестве показателей, характеризующих содержание измеряемого компонента, используют различный уровень ионизации отдельных газов под действием одного и того же ионизатора (ионизационные газоанализаторы), или изменение вольт-амперной характеристики элемента в зависимости от концентрации определяемого газа (электрохимические газоанализаторы), или изменение удельной электрической проводимости раствора смеси электролитов от содержания соединений, образующихся при взаимодействии определяемого газового компонента с находящимся в избытке раствором определенного электролита (электрокондуктометрические газоанализаторы).

Ионизационные газоанализаторы применяют для определения в воздухе следов углеводородов; в нашей стране их серийно не выпускают.

Электрохимические газоанализаторы нашли широкое применение для определения в газовых смесях кислорода, следов водяных паров и микроколичеств сернистых и сероорганических соединений.

Электрокондуктометрические газоанализаторы используют для определения SO_2 , CO_2 , H_2S , CS_2 , Cl_2 , CCl_4 , PH_3 , AsH_3 , HCN , NH_3 , H_2O , органических газов и паров, содержащих серу, и многих других газов.

Особенно часто их применяют для контроля H_2S в воздухе, причем порог чувствительности определения достигает $2 \cdot 10^{-6} \%$.

Большую группу газоанализаторов составляют приборы, в которых используется зависимость изменения оптических свойств газовой смеси (показатель преломления, оптическая плотность, спектральное поглощение или излучение и т. п.) от содержания определяемого компонента. Наибольшее распространение среди оптических газоанализаторов получили интерферометрические приборы, действие которых основано на явлении смещения интерференционных полос за счет изменения оптической плотности газовой среды на пути одного из двух когерентных лучей. С помощью этих приборов возможен анализ только бинарных смесей, компоненты которых существенно различаются по показателям преломления; их используют главным образом для определения CH_4 и CO_2 в рудничном и атмосферном воздухе. Пределы измерения отечественных интерференционных газоанализаторов составляют 0 - 6 %, погрешность определения - от ± 4 до $\pm 6\%$.

В современной промышленности для анализа отходящих газов нашли применение газоанализаторы, принцип работы которых основывается на поглощении лучистой энергии. К ним относятся инфракрасные (ИК) анализаторы, реагирующие на индивидуальный характер спектров поглощения инфракрасного излучения отдельных газов. Мерой концентрации определяемого компонента служит степень поглощения потока ИК-излучения. ИК-анализаторы используют для определения CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_2 и других газообразных соединений углерода в сложных газовых смесях, а том числе в доменных колошниковых газах, отходящих газах синтеза аммиака. Пределы измерения отдельных приборов колеблются от 0 - 1 до 0 - 100%, средняя погрешность измерений лежит в пределах от ± 2.5 до $\pm 10\%$.

Используются также приборы, в которых концентрацию компонентов определяют по поглощению колебаний в ближней ультрафиолетовой (от 200 до 400 нм) и видимой (400-700 нм) областях. УФ-газоанализаторы применяют для определения паров ртути в воздухе, хлора в хлоровоздушной смеси и некоторых других газообразных соединений. Пределы измерения отечественных УФ-газоанализаторов изменяются от 0 - $1 \cdot 10^{-4}$ мг/л до 0.002-0.06 мг/м³, а погрешность определения колеблется от ± 5 до $\pm 10\%$.

Работа фотометрических и фотоколориметрических газоанализаторов основывается на образовании специфически окрашенных продуктов при реакциях определяемых газообразных компонентов с реагентами, а интенсивность окраски продуктов служит мерой концентрации реагирующих компонентов.

Фотоколориметрические газоанализаторы используют для определения $\text{NO} + \text{NO}_2$, Cl_2 , CS_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 и других в воздухе и технологических газовых смесях. Пределы измерения изменяются от 0-0.005 до 0-0.001 мг/л, погрешность определения составляет $\pm 10\%$. Фотометрический газоанализатор УГ-2 позволяет определять в газовых смесях до 16 различных токсичных компонентов, в том числе H_2S , Cl_2 , NH_3 , NO_2 , SO_3 , CO_2 , пары бензина, бензола, керосина и т. п. Принцип действия хроматографических газоанализаторов основан на различной способности отдельных газовых компонентов сорбироваться твердыми или жидкими сорбентами. Проба анализируемой газовой смеси вводится в поток газа-носителя, непрерывно протекающий через сорбент и инертного по отношению и к определяемому газу, и к сорбенту. За счет многократной сорбции и десорбции каждый компонент пробы перемещается вдоль слоя сорбента с характерной для него скоростью и удаляется со слоя сорбента в определенной последовательности. Последовательность выхода компонентов смеси из хроматографической колонки позволяет их качественно идентифицировать, а поставленный на выходе детектор – определить их количество. Отечественная промышленность выпускает десятки лабораторных и промышленных хроматографических газоанализаторов с различными сорбентами и типами детекторов. Они используются для анализа сложных многокомпонентных газовых смесей, включая смеси углеводородов, высокомолекулярных соединений, неорганических и органических веществ. Для анализа газов используют нефелометрический, люминесцентный, полярографический и другие методы физико-химического анализа.

На каждом отдельном предприятии (цехе, участке) периодически проводится обследование, в результате которого устанавливаются источники вредных выбросов в атмосферу, определяются объем и состав этих выбросов и составляется их технический паспорт, а также разрабатываются рекомендации по предотвращению или сокращению выбросов. Обычно эти мероприятия осуществляются 1 раз в 5 лет. При обследовании представители санитарно-эпидемиологической службы совместно с представителями предприятия выбирают места отбора проб и параметры, подлежащие определению, с таким расчетом, чтобы получить полную информацию о постоянных и периодических выбросах в атмосферу, а также о возможных выбросах при нарушении технологического режима. Количество выбросов и концентрацию загрязняющих веществ, как правило, определяют экспериментально и лишь в исключительных случаях устанавливают расчетным путем.

Обследование источника загрязнения (производства, цеха, участка) проводят в течение 10 - 15 дней, производя контроль в момент оптимальной нагрузки производства, желательно одновременно во всех точках отбора проб. Обычно при обследовании учитывают все основные виды газовых выбросов - постоянные и периодические технологические выбросы, санитарные и выбросы, связанные с нарушениями режима работы.

Выделите основные параметры, характерные для мониторинга атмосферного воздуха. Какие при этом используются индикаторные параметры?

7 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Государственная наблюдательная сеть за загрязнением поверхностных вод предназначена для решения следующих задач:

1) наблюдения за уровнем загрязнения вод и донных отложений рек, озер, водохранилищ и морей по физическим, химическим и гидробиологическим (для водных объектов) показателям с целью изучения распределения загрязняющих веществ во времени и пространстве, оценки и прогноза состояния водных ресурсов, определения эффективности мероприятий по их защите;

2) обеспечения органов государственного управления, хозяйственных организаций и населения систематической и экстренной информацией об изменениях уровней загрязнения (в том числе и радиоактивного) водных объектов под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, прогнозами и предупреждениями о возможных изменениях уровней загрязненности;

3) обеспечения заинтересованных организаций материалами для составления рекомендаций в области охраны и рационального использования водных ресурсов, составления планов развития экономики с учетом состояния водных ресурсов.

В настоящее время с помощью Государственной сети мониторинга поверхностных вод, базовую основу которой составляют наблюдательные органы Росгидромета, проводятся следующие основные виды наблюдений:

1) за состоянием загрязнения поверхностных вод суши и морей;

2) за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова;

3) за фоновым загрязнением водных объектов;

4) за радиоактивным загрязнением водных объектов.

Система базируется на сети пунктов режимных наблюдений, которые устанавливаются на водоемах и водотоках как в районах с повышенным антропогенным воздействием, так и на незагрязненных участках.

Мониторинг водных объектов осуществляется в целях:

1) своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды, водных объектов и их состояния;

2) оценки эффективности существующих мероприятий по охране водных объектов;

3) информационного обеспечения, управления в области использования и охраны водных объектов.

Мониторинг водных объектов включает в себя:

1) регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями водных ресурсов, а так же режимом пользования водоохранных зон

2) сбор, обработку и хранение сведений, получаемых в результате измерений (наблюдений)

3) внесение сведений, полученных в результате наблюдений в государственный водный реестр

4) оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей водных ресурсов

Мониторинг водных объектов состоит из:

- 1) мониторинг поверхностных водных объектов
- 2) мониторинг состояния дна и береговых линий, а так же состояния водоохраных зон
- 3) мониторинг подземных вод с учетом данных мониторинга состояния недр
- 4) наблюдения за водохозяйственными системами, в том числе за гидро

Качество воды в России определяется ее физическими свойствами, набором загрязняющих веществ и их концентрациями.

Требования к качеству природных вод определяются:

- 1) Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений (1991 г.)
- 2) Санитарными правилами и нормами охраны прибрежных вод морей от загрязнений (1988 г.)

При этом содержание каждого загрязняющего вещества измеряют в мг/м³ и выражают кратностью превышения его фактической концентрации принятому нормативу для того или иного вида использования вод.

Для интегральной характеристики качества вод часто используется индекс **загрязнения вод** – среднее превышение ПДК среднегодовым концентрациям шести основным загрязнителям

Качество воды по значению индекса загрязнения вод:

Класс. качество \ ИЗВ

- I. Очень чистые \ < 0.5
- II. Чистые \ 0.5-1
- III. Умеренно загрязненные \ 1-2.5
- IV. Загрязненные \ 2.5-4
- V. Грязные \ 4-6
- VI. Очень грязные \ 6-10
- VII. Чрезвычайно грязные \ >10

Показатели качества воды: физические, бактериологические, гидробиологические, химические.

Другая классификация: Показатели качества воды: общие (для любых водных объектов), специальные (обусловлены природными условиями и антропологическими воздействиями на данный водный объект)

Показатели качества воды

Физические показатели

- 1) Прозрачность. Зависит от степени рассеивания солнечного света веществами органического и минералогического происхождения. Прозрачность определяет протекание биохимических процессов в воде (изм. в см)
- 2) Запах (в баллах)
- 3) Температура. Является результатом воздействия солнечной радиации, переноса тепла течениями, теплообмен с воздухом
- 4) Цветность. Обуславливается наличием органических окрашенных соединений

5) Содержание взвешенных веществ. Источником являются процессы эрозии, взмучивание донных отложений, продукты химических и биохимических реакций, антропогенные источники (г/м^3)

Бактериологические показатели

Характеризуют загрязненность воды патогенными микроорганизмами

- 1) Коли-индекс. Количество кишечных палочек в 1 литре воды
- 2) Коли-титр. Количество воды в мл., в котором может быть обнаружена 1 кишечная палочка

Гидробиологические показатели. Оценивают качество воды по населению водоемов животными и растениями

1) общие

a. Растворенный кислород

b. Химическое потребление кислорода. Определяется как количество кислорода, необходимого для химического окисления содержащихся в единице объема воды органических и минеральных веществ

c. Биологическое потребление кислорода. Количество кислорода, затрачиваемое на биохимическое окисление содержащихся в единице объема воды органических веществ за определенный промежуток времени. Измеряется за 5 и за 20 минут

d. Водородный показатель. В природных водах концентрация ионов водорода зависит от наличия в воде угольной кислоты

e. Азот. Источником поступления азота являются внутриводоемные процессы, газообмен с атмосферой, осадки и антропогенные источники. Принято выделять органическую и минеральную форму.

f. Фосфор. В свободном состоянии в естественных условиях не встречается, находится в соединениях.

g. Минеральный состав. Определяется по суммарному содержанию 7 главных ионов: кальций, натрий, калий, магний, хлор, SO_4 , HCO_3

2) специфические

a. Фенолы

b. Нефтепродукты

c. Поверхностно-активные вещества

d. Синтетические поверхностно-активные вещества

e. Пестициды

f. Тяжелые металлы (оказывают мутагенное воздействие)

В соответствии с водным кодексом оценка качества воды осуществляется на основе экологических нормативов водопользования и экологических нормативов качества воды и водных объектов

Нормативы определяются для:

- 1) Коммунально-бытового, хозяйственно-питьевого использования
- 2) Промышленного использования
- 3) Общехозяйственного водопользования

К коммунально-бытовому и хозяйственно-питьевому относится использование водных объектов для купания, занятия спортом, как источник питьевой воды и для пищевой промышленности.

К рыбохозяйственному пользованию относится пользование в качестве среды для существования рыбы и др.

Нормативная база оценки качества воды состоит из требований к составу, свойствам воды и значениям ПДК в водных объектах.

Общие требования определяют допустимые состав и свойства воды, оцениваемые наиболее важными физическими, бактериологическими и химическими показателями. Они могут задаваться в виде конкретной величины, изменяемой величины в результате воздействия внешних факторов или в качестве характеристики показателей.

ПДК – установленный уровень концентрации веществ в воде, выше которого вода считается непригодной для пользования.

ПДК задают в виде конкретного значения концентрации вредного вещества. Все вещества делятся на группы в зависимости от вредного воздействия. Одно и то же вещество при различных концентрациях может проявлять разные признаки вредности и оказывать разные воздействия. Признак вредности, который проявляется при минимальной концентрации называют лимитирующим показателем вредности.

В объектах коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого использования различают:

- 1) Органолептический показатель вредности
- 2) Общесанитарный показатель вредности
- 3) Санитарно-токсикологический показатель вредности

В объектах рыбохозяйственного использования:

- 1) Органолептический показатель вредности
- 2) Общесанитарный показатель вредности
- 3) Санитарно-токсикологический показатель вредности
- 4) Токсикологический показатель вредности
- 5) Рыбохозяйственный показатель вредности

При оценке качества воды объектов коммунально-бытового и промышленно-хозяйственного водоснабжения учитывают так же класс опасности вещества, который определяют в зависимости от токсичности, кумулятивности, мутагенности и лимитирующего показателя вредности.

Различают 4 класса опасности вещества:

- 1) чрезвычайно опасные;
- 2) высокоопасные;
- 3) опасные;
- 4) умеренно-опасные.

Водные объекты считаются пригодными для коммунально-бытового и хозяйственно-бытового водопользования, если одновременно выполняются следующие условия:

- 1) Не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды
- 2) Для веществ, принадлежащих к 3-му и 4-му классу опасности выполняется условие, что их концентрация меньше ПДК
- 3) Для веществ, принадлежащих 1-му и 2-му классу опасности выполняется

$$\sum \frac{c}{\text{ПДК}_i} \leq 1$$

условие:

Водные объекты признаются пригодными для рыбохозяйственной деятельности, если они удовлетворяют следующим требованиям:

- 1) Не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды
- 2) В объекте не зарегистрированы случаи гибели рыб и кормовых организмов
- 3) Не наблюдается постепенное исчезновение тех или иных видов рыб или организмов
- 4) Для веществ, принадлежащих к одинаковому лимитирующему показателю

$$\sum \frac{c}{\text{ПДК}_i} \leq 1$$

выполняется условие:

Контроль загрязнения вод производится регулярно, специально созданной сетью пунктов наблюдения.

Важной задачей контроля качества вод является стандартный выбор пунктов наблюдения, под которыми понимается место на водоеме или водостоке, где производится комплекс работ по получению данных о качестве воды.

Пункты наблюдения в зависимости от хозяйственного значения водных объектов, размеров и экологического состояния подразделяются на 4 категории. Пункты наблюдений могут включать 1 или несколько створов, которые представляют собой условное поперечное сечение водотока.

Расположение створов зависит от:

- 1) Гидрологических особенностей водоема
- 2) Положения источников загрязнения
- 3) Объема и состава сточных вод

Один створ устанавливают на водотоках, не имеющих централизованного сброса сточных вод на местах пересечения государственных границ.

Два створа и более устанавливают на водотоках с организованным сбросом сточных вод, один из них располагается в 1 км от источника загрязнения (вне зоны его влияния), другие ниже.

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

Количество горизонтов на вертикали зависит от глубины водных объектов.

- 1) При глубине до 5 метров устанавливается 1 горизонт на расстояние 0.3 м от поверхности
- 2) 5-10 м\2 горизонта\ первый: 0.3 от поверхности, второй 0.5 от дна
- 3) 10-100м\3 горизонта\ первый 0.3 от поверхности, второй 0.5 от дна, третий посередине водоема

Для большинства водных объектов наблюдения проводятся 7 раз в год

- 1) Во время половодья на подъеме
- 2) Во время половодья на пике
- 3) Во время половодья на спаде
- 4) Во время летней межени (самый низкий уровень воды)
- 5) При прохождении дождевого паводка
- 6) Перед началом морозов
- 7) Во время зимней межени

Государственный водный реестр

Государственный водный реестр – систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, об использовании водных объектов, о речных бассейнах и бассейновых округах.

Реестр создан согласно постановлению Правительства РФ № 253 от 28 апреля 2007 года.

Государственный водный реестр создается в целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов, их целевого использования и охраны, а так же в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод по ликвидации его последствий.

Государственный водный реестр регистрирует договора водопользования, решения о предоставлении водных объектов в пользование, перехода прав и обязанностей по договорам водопользования, а также прекращения договора водопользования.

Государственный водный реестр содержит разделы:

- 1) «Водные объекты и водные ресурсы»;
- 2) «Водопользование»;
- 3) «Инфраструктура на водных объектах».

В раздел «Водные объекты и водные ресурсы» входят документы:

- 1) о бассейновых округах;
- 2) о речных бассейнах;
- 3) о водных объектах, расположенных в границах речных бассейнов, в том числе об особенностях режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностях.

В раздел «водопользование» входят сведения:

- 1) о водохозяйственных участках;
- 2) о водоохраных зонах и прибрежных защитных полосах, а также других зонах с особыми условиями их использования;
- 3) об использовании водных объектов, в том числе о водопотреблении и водоотведении;
- 4) о договорах водопользования, в том числе об их государственной регистрации, переходе прав и обязанностей по договорам водопользования, а также о прекращении указанных договоров;
- 5) о решениях о предоставлении водных объектов в пользование, в том числе об их государственной регистрации;
- 6) об иных документах, на основании которых возникает право собственности на водные объекты или право пользования водными объектами

В раздел «инфраструктура» входят сведения:

- 1) о водохозяйственных системах;
- 2) о гидротехнических и иных сооружениях, расположенных на водных объектах

Ведомство	Вносимые изменения
Министерство с\х РФ	Об использовании водных объектов для нужд с\х, о гос региональных сиситемах
Государственная служба государственной регистрации, кадастра и картографии	О гидротехнических сооружениях. Расположенных на водных объектах, о кадастровых номерах участков, на которых расположены водные объекты, и земельных участках, занимаемых указанным сооружением
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	О поверхностных водных объектах и особенностях водного режима
Федеральная служба по надзору в среде природопользования	Об особо охраняемых объектах, о водных объектах расположенных на особо охраняемых природных территориях, а так же об объектах оказывающих негативное воздействие на водные объекты
Федеральное агентство по гидропользованию	О подземных водных объектах и их использовании
Федеральное агентство по рыболовству	О водных объектах рыбохозяйственного назначения
Органы исполнительной власти субъектов РФ	О договорах водопользования, о рыбоводческих участках, о водных объектах и расположенных на них сооружениях, находящихся в собственности РФ
Органы местного самоуправления	О договорах водопользования, о рыбоводческих участках, о водных объектах и расположенных на них сооружениях, находящихся в муниципальной собственности

7.1 Мониторинг природных вод

Мониторинг загрязнения поверхностных вод

Контроль качества поверхностных вод проводится в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07–82, устанавливающим единые требования к построению сети контроля, проведению наблюдений и обработке получаемых данных.

В основе организации и проведения контроля лежат следующие принципы: комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами. Соблюдение этих принципов достигается с помощью:

- установления программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям);
- периодичностью проведения контроля;
- выполнением анализа проб воды по единым, обеспечивающим требуемую точность методикам, проведением гидрометрических работ.

Формирование сети пунктов контроля качества поверхностных вод. Первым этапом организации работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод является выбор местоположения пунктов контроля.

Под пунктом контроля качества поверхностных вод понимается место на воде или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Пункты контроля организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. На водоемах и водотоках или их участках, не загрязняемых сточными водами, создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты контроля располагают с учетом существующего использования водоема или водотока для нужд хозяйства и перспективных планов развития хозяйства на основании предварительных исследований. Исследования включают в себя подбор и анализ сведений о водопользователях, источниках загрязнения вод, аварийных сбросах загрязняющих веществ, данные о режимных (водных, ледовых, термических), физико-географических признаках водоема или водотока и проведение обследований водоемов или водотоков или их участков.

Пункты контроля организуют на водоемах и водотоках в районах:

- расположения городов и крупных рабочих поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;
- сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями (заводами, рудниками, шахтами, нефтепромыслами, электростанциями и т.п.), территориально-производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
- мест нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;

- пересечения реками государственной границы РФ и границ союзных республик СНГ;
- замыкающих створов больших и средних рек;
- устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

На водоемах с интенсивным водообменом (свыше 5,0) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают примерно на 1 км выше источника загрязнения (вне влияния сточных вод), остальные створы – ниже источника загрязнения (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности). Границу зоны загрязненности (части водоема, в которой нарушены нормы качества воды по одному или нескольким показателям) устанавливают по размерам максимальной зоны загрязненности, определенной расчетным путем и уточненной при проведении обследования водоема.

На водоемах с умеренным (0,1-0,5) и замедленным (до 0,1) водообменами один створ устанавливают в части водоема, не подверженной загрязнению. Другой створ совмещают со створом сброса сточных вод, остальные створы располагают параллельно ему по обе стороны (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности).

Количество горизонтов на вертикали определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения. При глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м – два (у поверхности и в 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м – три (дополнительно промежуточный, расположенный на половине глубины).

На глубоких водоемах горизонты устанавливаются у поверхности, на глубине 10; 20; 50 и 100 м и у дна (в разноплотностном водоеме назначается дополнительный горизонт, который располагается в слое скачка плотности).

7.2 Установление категории пункта контроля качества поверхностных вод

Пункты контроля подразделяются на четыре категории, определяющие периодичность проверки качества вод и программу контроля.

Категорию пункта устанавливают с учетом следующих факторов: хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера и объема водоема, размера и водности водотока и др.

При наличии организованного сброса сточных вод должно быть создано не менее двух створов — выше и ниже источника загрязнения.

Контроль категории по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить ежемесячно (по сокращенной программе) и ежеквартально (по полной программе). При этом ежемесячный контроль категории по сокращенной программе проводится только в вегетационный период.

При отсутствии возможности проведения контроля по гидробиологическим показателям в указанные выше сроки следует проводить его в сроки, наиболее показательные для оценки состояния водных экосистем. Ими являются начало, середина и конец вегетационного периода, что соответствует окончанию весеннего половодья, периоду летней межени и времени, предшествующему ледоставу. В течение зимнего периода по возможности осуществляется одна гидробиологическая съемка, так как состояние организмов, их количественный и качественный составы в

этот период являются важными показателями степени загрязненности водоема или водостока.

Допускается проведение одноразового гидробиологического контроля в тех пунктах, на которых в результате регулярных гидробиологических съемок в течение двух-трех предшествующих лет не было определено изменений экологической обстановки. При одноразовом контроле особенно важно правильно выбрать место отбора проб, охватив по возможности более полно все разнообразие биологических периодов.

Если определить гидробиологические показатели невозможно, допускается проведение контроля только по гидрохимическим и гидрологическим показателям.

Сокращенная программа контроля №2 по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение расхода воды, м³/с (на водотоках) или ее уровня, м (на водоемах); температуры, °С; водородного показателя (рН); удельной электрической проводимости, См/м; концентрации веществ, мг/дм³ (мг/л); химического потребления кислорода, мг/дм³ (мг/л); биохимического потребления кислорода за 5 сут, мг/дм³ (мг/л); концентрации двух-трех загрязняющих веществ, основных для воды в данном пункте контроля, мг/дм³ (мг/л); проведение визуальных наблюдений.

Сокращенная программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение расхода воды, м³/с; скорости течения, м/с (на водотоках при опорных измерениях расхода воды) или уровня, м (на водоемах); температуры, °С; показателя кислотности рН; концентрации взвешенных веществ, мг/дм³ (мг/л); концентрации растворенного кислорода, мг/дм³ (мг/л); химического потребления кислорода, мг/дм³ (мг/л); биохимического потребления кислорода за 5 суток, мг/дм³ (мг/л); концентрации всех загрязняющих воду в данном пункте веществ, мг/дм³ (мг/л); проведение визуальных наблюдений.

Перечень загрязняющих веществ, характерных для воды данного пункта контроля, которые должны проверяться по сокращенным программам, составляется на основании данных о составе сбрасываемых в районе пункта контроля сточных вод и предварительных обследований водного объекта. На первом этапе работы при формировании программ контроля может быть использован ориентировочный перечень загрязняющих веществ, который затем будет уточняться по результатам обследований участка водного объекта.

При проведении обследований на водоеме в местах организованного сброса сточных вод устанавливают ряд радиальных створов. Вертикали на створах располагают таким образом, чтобы первые из них были на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод, а последние – за пределами зоны загрязненности.

Принцип расположения вертикалей и горизонтов при проведении обследований такой же, как и при проведении систематических наблюдений.

Обследования следует проводить в сроки, связанные с основными фазами водного режима для условий минимального и максимального расходов:

- на водотоках – в половодье, зимнюю и летнюю межень (т.е. при самом низком уровне воды);

- на водоемах с умеренным и замедленным водообменами – в летнее время или осенью до начала дождей;

- на водоемах с интенсивным водообменом – весной в период максимального притока и в летне-осенние месяцы при минимальных уровнях воды; на водоемах при наиболее низких уровнях – во время ледостава.

Далее в соответствии с результатами анализа проб воды, отобранных во время проведения обследований:

- проверяют правильность расчета створов смешения природных и сточных вод и зон загрязненности воды, а затем с учетом максимального удаленного створа сравнительно полного (не менее 80 %) смешения и максимальных размеров зоны загрязненности уточняют расположение створов, вертикалей и горизонтов в пункте;
- определяют категорию пункта контроля с учетом загрязненности воды, выявленной во время обследований;
- назначают при систематическом контроле характерные для данного пункта загрязняющие вещества, выбирая те, содержание которых в воде превышает норму;
- составляют программу работ в пункте, устанавливающую контролируемые показатели качества воды, периодичность и сроки проведения контроля.

7.3 Мониторинг загрязнения морских вод

Охрана морской среды предполагает прежде всего оценку современного состояния качества воды морей и океанов, что требует проведения систематических обследований. Для решения проблемы охраны морских и океанических вод от загрязнения необходимо составление научно обоснованных рекомендаций по ограничению (или полному запрещению) сброса отходов, согласно которым процессы естественной утилизации должны постоянно превосходить процесс загрязнения и приводить к устранению нарушений в морской среде, а также сдвигов в экологических системах. Для этого следует осуществить ряд мероприятий, среди которых наиболее важными являются:

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

В этом разделе будут рассмотрены правила наблюдений за качеством воды морей и устьевого взморья рек (морских вод). **В отличие от пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод пункты наблюдений за качеством морских вод подразделяются на I, II и III категории.** Число и расположение пунктов наблюдений должны обеспечивать получение информации, необходимой для выполнения задач, поставленных перед сетью станций.

В пунктах наблюдений, расположенных на устьевом взморье в замыкающем створе при глубине реки 1-5 м, замеры осуществляются на поверхности и у дна реки. При глубине реки 5-10 м наблюдения проводятся на поверхности, на половине глубины и у дна, а при глубине реки более 10 м — на поверхности, через каждые 5 м и у дна реки.

Состав и объем работ в пунктах наблюдений за качеством морских вод должны отвечать определенным задачам и удовлетворять запросы заинтересованных народно-хозяйственных организаций в информации о качестве вод в прибрежных зонах

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

Программа наблюдений за качеством морских вод без гидробиологических показателей включает в себя следующие мероприятия:

1. Определение концентрации химических соединений: нефтяных углеводородов, мг/дм³ (мг/л); растворенного кислорода, мг/дм³ (мг/л, %); водородного показателя pH; хлорированных углеводородов, в том числе пестицидов, мкг/дм³ (мкг/л); тяжелых металлов – ртути, свинца, кадмия, меди, мкг/дм³ (мкг/л); фенолов, мкг/дм³ (мкг/л); синтетических поверхностно-активных веществ, мкг/дм³ (мкг/л).

2. Определение показателей и содержания веществ, характерных для данного района:

нитритного азота, мкг/дм³ (мкг/л); кремния, мкг/дм³ (мкг/л); солености воды, %; температуры воды и воздуха, °С; скорости и направления ветра, м/с; прозрачности воды (единицы цветности); волнения моря (баллы).

3. Проведение визуальных наблюдений за состоянием поверхности морского водного объекта.

Наблюдения за качеством морских вод по гидробиологическим показателям проводятся по сокращенной и полной программам (таблица 11).

Табл. 11. – Программа наблюдений (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Вид программы	Объект наблюдений и его характеристики
Сокращенная	<p>Фитопланктон: общая численность клеток, клетка/дм³; видовой состав, число и список видов</p> <p>Зоопланктон: общая численность организмов, экз./м³; видовой состав, число и список видов</p> <p>Микробные показатели: общая численность микроорганизмов, клетка/см³ (клетка/мл); численность сапрофитных бактерий, клетка/см³ (клетка/мл); концентрация хлорофилла фитопланктона, мкг/дм³ (мкг/л)</p>
Полная	<p>Зоопланктон: общая биомасса, мг/м³; численность основных групп и видов, экз./ м³; биомасса основных групп и видов, мг/м³</p> <p>Фитопланктон: общая биомасса, г/м³; видовой состав, число и список видов; число основных систематических групп, число групп</p> <p>Микробные показатели: общая биомасса, мг/м³ (мг/л); численное распределение индикаторных групп морской микрофлоры (сапрофитные, нефтеокисляющие, ксиллоокисляющие, фенолоокисляющие, липолитические бактерии, клетка/м³ (клетка/мг); интенсивность фотосинтеза фитопланктона</p>

В пунктах I категории наблюдения осуществляются 2 раза в месяц (1-я и 3-я декады) по сокращенной программе. По полной программе наблюдения проводятся 1 раз в месяц (2-я декада).

В пунктах II категории наблюдения проводятся 5-6 раз в год по полной программе, а в пунктах III категории – 2-4 раза в год.

При появлении новых источников загрязнения, изменении мощности, состава и форм старых, изменении вида водопользования и других сложившихся условий категория пункта и перечень наблюдаемых показателей могут быть изменены.

Данные о качестве как поверхностных, так и морских вод, в том числе и экстренная информация о высоких уровнях загрязнения, передаются в соответствующей форме в определенном порядке и определенные сроки заинтересованным организациям.

7.4 Наблюдения за качеством природных вод с помощью комплексных лабораторий

Комплексная лаборатория анализа воды КЛВ-1 представляет собой конструкцию, состоящую из транспортной стойки, на которой устанавливается весь набор технических средств, уложенных в быстро снимаемые и легко переносимые чемоданы; контейнеров для хранения проб; установки для экстрагирования. КЛВ-1 можно непосредственно развернуть у исследуемого водоема и полностью провести цикл гидрохимических анализов «первого дня».

Некоторые технические данные КЛВ-1: количество одновременно экстрагируемых проб объемом 0,5 л – 6; количество одновременно фильтруемых проб через бумажные фильтры – 12, через мембранные – 2; контейнер для хранения проб обеспечивает поддержание температуры воды не выше 10 °С при транспортировке в течение 3...4 ч при температуре окружающего воздуха до 35°С.

Судовая комплексная лаборатория анализа воды СКЛАВ-1 предназначена для анализа воды на плавсредствах. Лаборатория представляет собой деревянный футляр, в котором расположено необходимое для работы оборудование.

Пределы измерения определяемых показателей и концентраций химических соединений приведены в таблице 12.

Табл. 12 – Определяемые показатели воды и концентрации загрязняющих воду веществ (по Экологический мониторинг, 2016 с дополнениями)

Показатели и химические соединения	Пределы измерения, мг/л
Общая жесткость	0,1...0,5
Щелочность	0,1...5
Хлориды (в конденсате)	0,1...4,5
Хлориды (в котловой воде)	5
Фосфаты	10...50
Нитраты	10...50
Растворенный кислород	0...0,1
Нефтепродукты (в конденсате)	1...20
Нефтепродукты (в балластных водах)	10...350

В настоящее время выпускается передвижная гидрохимическая лаборатория ПГХЛ-1 на базе автобуса ПАЗ-3201. В комплект ПГХЛ-1 входят переносные и полевые аналитические приборы, позволяющие проводить анализ воды непосредственно на месте по 30 показателям, что приближает ПГХЛ-1 к зарубежным аналогам.

Измерения проводятся тремя специалистами в течение 2 ч по всем 30 показателям с помощью фотоколориметра КФК-2, иономера И-120М, комбинированного анализатора вод АКВ-106, микроскопа «Биолат-Д12».

Проблема отбора проб весьма сложна и многообразна. Проба должна характеризовать состояние воды в конкретном водоеме или его части за определенный промежуток времени. В какой степени единичная малая проба может считаться характерной для большой массы воды зависит от ряда факторов, среди которых однородность отбираемой водной массы, число точек пробоотбора, размеры отдельных проб и способ их отбора.

Отбор представительных проб должен учитывать особенности водоема (морфологию, гидрологию, характер водосбора и т.д.), а также специфику определяемых веществ (растворенное, взвешенное, коллоидное, пленочное). Не следует брать пробы воды на химический анализ в пунктах, подверженных непосредственному влиянию вод притоков, вблизи населенных пунктов, около предприятий и в участках слабого водообмена (в затонах, на мелководье и в рукавах у самого берега). Обычно проводится два вида отбора проб: разовый (нерегулярный) и регулярный, или серийный. Разовый отбор применяется для периодического определения изменений состава воды на ранее исследованных объектах или в случае, когда необходимо получить общие представления о качестве воды. При серийном отборе каждая проба отбирается в определенной (временной или пространственной) последовательности, что обеспечивает наиболее надежную информацию о состоянии водоема.

Способ взятия проб воды из водоема зависит от глубины, с которой надо брать пробу. При взятии пробы воды с поверхности вода осторожно зачерпывается каким-либо большим сосудом (тазом, ведром), при этом глубина погружения не должна превышать 0,2-0,5 м. При взятии глубинных проб используются специальные приборы – батометры различных систем.

Для сохранения компонентов, определяемых в воде, и ее свойств в том состоянии, в котором они находились в момент взятия пробы, применяется консервация воды. Особенно необходима она в тех случаях, когда определяемый компонент подвергается изменениям и когда определение нельзя провести сразу же на месте отбора пробы или в тот же день в лаборатории. Универсального способа консервации воды, одинаково пригодного по отношению ко всем ингредиентам химического состава воды, не существует, поэтому отдельные пробы воды приходится консервировать разными способами. Например, для определения ионов аммония, нитритов, нитратов, органически связанного азота, орто-фосфатов и общего фосфора применяется способ замораживания пробы при температуре – 20°С для консервации на срок не менее 3-4 недель.

7.5 Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод

При проведении наблюдений за радиоактивным загрязнением природных вод для отбора и одновременного концентрирования проб глубинной воды большого объема используется шланговый пробоотборник «Спрут».

Работа осуществляется следующим образом. К гидрологическому тросу подвешивают груз, предназначенный для затопления пробоотборного шланга, а также для уменьшения сноса при отборе проб с дрейфующего судна. Масса груза выбирается в зависимости от погодных условий. При штиле (или работе на заякоренном судне) масса груза может составлять 20-30 кг, при сильном дрейфе ее следует увеличить. На некотором расстоянии от груза (около 1 м) закрепляют заборный конец пробоотборного шланга. Затем трос опускают до тех пор, пока заборный конец шланга не окажется на необходимом уровне воды, после чего устанавливают на нуль счетчик глубины. Трос и соединенный с ним шланг опускают на заданный горизонт, закрепляя через шланг каждые 10 м к тросу. Отрезки шланга длиной 20 м каждый соединяют между собой специальными переходными штуцерами. По достижении заданного горизонта спуск прекращают, пробоотборный шланг через насадку подсоединяют к вибронасосу «Малыш».

К выходному патрубку насоса подсоединяют шланг для подачи воды на борт судна. Насос на тросе или капроновом шнуре спускают в воду на глубину 0,5-1,0 м. К отбору пробы приступают примерно через 10 мин. Это время необходимо для откачки воды более высоких горизонтов, находящейся в шланге, и промывки шланга водой нужного горизонта. Затем вода по шлангу подается на фильтровальную установку «Мидия», абсорбер и расходомер.

Фильтровальная установка «Мидия» предназначена для отделения взвешенного вещества из проб большого объема и позволяет производить фильтрацию со средней скоростью 500 л/ч. Устройство установки и принцип ее действия следующие.

Высокая производительность достигается параллельным включением десяти фильтровальных секций. Фильтр диаметром 150 мм зажимается между секциями с помощью прижимного устройства.

В установке используется составной фильтр. Сначала закладывается бумажный фильтр типа «синяя лента», на который накладывается фильтр из фильтроткани ФПП-15-1,5. Вода поступает в распределительную трубу, с которой соединены входные каналы всех фильтросекций. Пройдя через фильтры, вода через каналы фильтросекций поступает в выходную трубу и через отверстие выходит из установки.

Смену фильтров целесообразно производить при снижении скорости фильтрации до 300 л/ч.

После отбора проб воду подвергают радиационному анализу, для чего могут применяться приборы экспресс-анализа (например, СРП-88).

7.6 Обработка и обобщение результатов мониторинга природных вод

Наблюдения за качеством поверхностных вод в пункте контроля проводятся в соответствии с «Временными методическими указаниями гидрометеорологическим станциям и постам по отбору, подготовке проб воды и грунта на химический и гидробиологический анализ и проведению анализа первого дня».

Гидробиологические показатели получают измерением в пунктах или расчетным путем.

Химический анализ проб воды выполняется в соответствии с «Руководством по химическому анализу поверхностных вод суши», а гидробиологический анализ — в соответствии с «Руководством по методам гидробиологического анализа вод и донных отложений». Использование методик, не включенных в вышеупомянутые руководства, возможно только при наличии разрешения, полученного от Государственной химической инспекции (ГХИ).

Формы обобщения результатов в организациях Росгидромета устанавливаются специальными указаниями.

При обобщении материалов оценку качества воды водоемов и водотоков по гидрохимическим показателям осуществляют путем сопоставления результатов измерений контролируемых показателей качества воды в отдельных пунктах с нормами качества воды, изложенными в Правилах. Оценка качества воды по гидробиологическим показателям производится сопоставлением результатов измерений контролируемых показателей в отдельных пунктах с соответствующими значениями.

Порядок и сроки передачи данных о качестве вод, в том числе экстренной информации о высоких уровнях загрязнения, устанавливаются по согласованию между организациями, осуществляющими контроль качества вод в пунктах Управления государственной контрольной службы (УГКС), на территории деятельности которого проводится контроль, с учетом требований Росгидромета по срокам представления информационных материалов.

Порядок, сроки и формы передачи сведений о качестве вод подразделениями Росгидромета устанавливаются специальными приказами.

При обнаружении экстремальных уровней загрязнения порядок действия регламентируется специальными межведомственными указаниями.

7.7 Контроль состава сточных вод

В воде хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения нормируются цвет, запах, прозрачность, кислотность, щелочность, сухой остаток, рН, содержание азота, окисляемость, биохимическая потребность в кислороде (БПК), содержание растворенного кислорода, хлоридов, свободного хлора, фосфатов, фторидов и жесткость. Все эти параметры контролируются и в технологических и сточных водах. Однако в них нередко приходится определять и специфические компоненты, характерные для конкретных проб и связанные с особенностями производства (например, содержание тяжелых металлов, цианидов, фенолов).

Для анализа вод применяют химические, физико-химические и бактериологические методы, а определение их органолептических свойств основывается на использовании органов чувств исследователя.

Цвет. Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Для этого в стаканы из бесцветного стекла наливают исследуемую и дистиллированную воду и рассматривают их на фоне белой бумаги при дневном освещении сбоку и сверху. При наличии окраски указывают цвет воды (слабо-желтый, бурый); при отсутствии ее воду называют бесцветной.

Количественно цветность воды определяют методом колориметрии, сравнивая ее со шкалой эталонов, имитирующих эту цветность – платинокобальтовой и кобальто-дихроматной.

Запах. При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический); затем оценивают запах воды по пятибалльной системе. Для этого воду наливают в колбу с притертой пробкой до 2/3 объема и сильно встряхивают в закрытом состоянии, затем открывают колбу и сразу же отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха в очищенных водах свидетельствует о недостаточной степени очистки или неполном удалении использованных при очистке реагентов (например, хлора).

Прозрачность. Прозрачность воды определяют по предельной высоте столба воды, через который просматривается рисунок черного креста с толщиной линий 1 мм и четырех черных кружочков диаметром 1 мм на белом фоне. Определение выполняют в цилиндре высотой 350 см, на дне которого лежит фарфоровая пластинка с рисунком (питьевая вода должна иметь прозрачность по кресту не менее 300 см).

Используется и определение прозрачности по шрифту, основанное на нахождении максимальной высоты столба, сквозь который можно прочесть стандартный шрифт, подложенный под цилиндр с водой. Прозрачность воды характеризует количество загрязняющих веществ, присутствующих в воде во взвешенном и коллоидном состоянии.

Мутность. Наличие в воде мути объясняется недостаточной степенью удаления грубодиспергированных неорганических и органических примесей. Мутность можно определить гравиметрическим методом, отделив взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Сухой остаток. Сухой остаток характеризует количество нелетучих веществ, содержащихся в сточных водах. Его выделяют выпариванием взятого объема анализируемой воды и определяют гравиметрическим методом. Потери при прокаливании осадка позволяют установить содержание органических веществ, находящихся в воде во взвешенном состоянии; разность между массой сухого осадка и потерями при прокаливании соответствует общей массе содержащихся в воде минеральных примесей.

Кислотность. Кислотность воды обусловлена присутствием в ней свободной угольной кислоты, а также других кислот или гидролитически кислых солей. Перед сбросом кислых стоков в водоем кислотность должна быть нейтрализована. Кислотность сточных вод определяют титриметрическим методом, используя в качестве индикатора фенолфталеин.

Щелочность. Щелочность воды зависит от присутствия в ней свободных щелочей и гидролитически щелочных солей. Общая щелочность сточных вод определяется титриметрически путем титрования воды соляной кислотой по индикатору метиловому оранжевому.

Степень кислотности или щелочности сточных вод (рН) определяют потенциометрически с помощью специальных приборов – рН-метров. Для этой

цели можно применять также колориметрический метод (метод Михаэлиса), используя для подготовки эталонной шкалы и обработки анализируемой пробы индикаторы фенолового ряда:

- β-динитрофенол (интервал рН 2.2-4.0);
- α -динитрофенол (рН 2.8-4.5),
- γ-динитрофенол (рН 4.0-5.5);
- р-нитрофенол (5.2-7.0);
- m-нитрофенол (рН 6.7-8.4).

Контроль активной реакции среды сточных вод необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды, требуется реакция среды, близкая к нейтральной (рН ~ 6.5 – 8.5). При резком отклонении рН от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

Азот. При анализе сточных вод определяют содержание азота аммонийного (NH_4) и азота нитритов и нитратов (NO_2 , NO_3).

Обычно концентрацию NH_4 определяют колориметрическим методом, основанным на реакции ионов NH_4 с реактивом Несслера ($\text{K}_2[\text{HgJ}_4]$) на фотоколориметре с синим светофильтром.

Колориметрический метод определения NO_2 основан на образовании азотсоединения красного цвета при взаимодействии нитритов с реактивом Грисса (сульфаниловая кислота и α-нафтиламин). Эта реакция отличается высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать тысячные доли миллиграмма нитритов в 1 л воды (при содержании в анализируемой воде нитритов более 0.3 мг/л воду необходимо разбавить). Анализ выполняют на фотоколориметре с зеленым светофильтром.

Сущность метода определения NO_3 сводится к колориметрированию продуктов взаимодействия NO_3 с фенолдисульфоновой кислотой, которые представляют собой нитросоединения желтого цвета. Анализ выполняют на фотоколориметре с синим светофильтром.

Окисляемость. Окисляемость воды обусловлена наличием в ней органических веществ и легко окисляющихся неорганических соединений (Fe^{2+} , сульфитов, нитритов, сероводорода и др.) и выражается массой кислорода, потраченного на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды (мг O_2 /л). При ее определении в качестве окислителя органических веществ применяют KMnO_4 (перманганатная окисляемость).

Химическая потребность в кислороде (ХПК) (дихроматная окисляемость). ХПК дает представление о содержании в анализируемой воде органических веществ, способных к окислению сильными окислителями, и определяется титриметрически, с использованием в качестве окислителя дихромата калия.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК). БПК – показатель, используемый для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода (мг/л) расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей.

Полное биохимическое окисление органических веществ в воде требует длительного времени. В лабораторных условиях обычно определяют биохимическое потребление кислорода за 5 суток или БПК₅ (стандартная БПК). Сильно загрязненные сточные воды перед определением БПК следует разбавить, чтобы после выдерживания пробы в термостате при температуре 20°C в течение 5 сут. еще оставался растворенный кислород (не менее 3-4 мг/л). Сущность метода сводится к тому, что в анализируемой воде определяют содержание растворенного кислорода до и после термостатирования. Определение проводят иодометрическим методом.

Жесткость. Важнейшим показателем качества воды является жесткость – содержание в ней хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния. Различают *карбонатную* жесткость, обусловленную присутствием в воде гидрокарбонатов Са и Mg, и *некарбонатную*, вызываемую присутствием в воде хлоридов и сульфатов Са и Mg. Суммарное содержание в воде всех солей кальция и магния составляет *общую* жесткость.

Общую жесткость определяют комплексонометрическим методом, карбонатную – титрованием соляной кислотой в присутствии метилового оранжевого, некарбонатную жесткость – по разности результатов этих определений.

Наряду с перечисленными выше показателями в сточных водах определяют содержание сульфатов, хлоридов, фосфатов, кислорода и свободного хлора, используя стандартные химические методики. По содержанию сульфатов судят о минеральном составе воды: их повышенное количество свидетельствует о попадании в коммунально-бытовые стоки морских вод или промышленных сточных вод. Определение концентрации хлоридов позволяет контролировать постоянство солевого состава сточной воды. В процессе очистки ее солевой состав практически не меняется, а снижается лишь содержание органических веществ. Поэтому резкое увеличение концентрации хлоридов свидетельствует о сбоях в работе очистных сооружений или попадании в сточные воды посторонних загрязняющих веществ.

Для нормального функционирования биохимической очистки требуется, чтобы содержание фосфатов в сточных водах было не ниже 3 мг/л в пересчете на P₂O₅, так как фосфор необходим для микроорганизмов. Определение фосфатов в сточных водах позволяет корректировать содержание P и при необходимости дополнительно подавать необходимое количество его соединений на сооружения биологической очистки.

Контроль работы очистных сооружений и качества очищенных вод наряду с определением основных показателей, общих для всех видов стоков, предусматривает и определение загрязняющих веществ, специфических для каждого отдельного производства (тяжелых металлов, цианидов, фенолов, нефтяных углеводородов). Для успешного контроля их содержания в сточных водах все чаще находят применение современные физико-химические методы анализа, в том числе

хроматография, включая газовую, жидкостную и тонкослойную, полярография, электрохимические методы анализа, ионометрия, колориметрия, люминесцентный анализ.

Хроматография – метод разделения соединений, основанный на распределении вещества между двумя фазами - неподвижной с большой поверхностью и подвижной, протекающей через неподвижную фазу. Компоненты смеси селективно задерживаются стационарной фазой, причем площади пиков хроматограммы пропорциональны концентрациям соответствующих компонентов.

Методом газожидкостной хроматографии в сточных водах определяют органические кислоты с длиной углеродных цепей $C_2 - C_5$, спирты, альдегиды, сложные эфиры, фенолы и другие органические соединения.

Метод тонкослойной хроматографии позволяет определять в сточных водах нефтепродукты, побочные продукты синтеза изопрена, фенолы.

Полярография – это электрохимический метод анализа, в основе которого лежит зависимость между потенциалом поляризуемого рабочего электрода и силой тока, протекающего через раствор. Анализ полярограммы позволяет сделать вывод о том, какие ионы из числа определяемых и в каких концентрациях присутствуют в растворе. Нижний предел концентраций составляет $10^{-5} - 10^{-6}$ моль/л. К преимуществам полярографии следует отнести возможность определения ряда ионов, присутствующих в растворе, без их предварительного разделения и возможность осуществления практически неограниченного количества повторных измерений в одной и той же пробе.

Метод полярографии успешно используется для определения содержания в сточных водах тяжелых металлов, в том числе свинца, кадмия, ртути, меди, цинка, кобальта, никеля, титана, хрома, марганца. Кроме металлов полярографическим методом в сточных водах определяют ПАВ, ароматические углеводороды, нитраты.

Ионометрия – анализ, основанный на использовании ион-селективных электродов, представляющих собой электрохимические полуэлементы, для которых разность потенциалов на границе раздела фаз электродный материал - электролит зависит от активности определяемого иона в исследуемой среде. В настоящее время предложено несколько десятков типов ионселективных электродов для обнаружения K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , CN^- , I^- , Br^- , Cl^- , F^- , NO_3^- и др. В анализе вод они используются для определения фтора, нитратов.

Колориметрия – метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения световых потоков при их прохождении через исследуемый и стандартный растворы. Определяемый компонент с помощью химической реакции переводят в окрашенное соединение, после чего измеряют интенсивность окраски полученного раствора.

Организация контроля сточных вод

Систематический анализ состава сточных вод, сбрасываемых промышленными предприятиями и предприятиями коммунального хозяйства, необходим для проверки эффективности работы очистных сооружений, оценки воздействия сбрасываемых сточных вод на водоприемники, разработки мероприятий по совершенствованию

работы очистных сооружений и для осуществления дополнительных мер по охране водных объектов. Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод имеет целью прекращение или предупреждение загрязнения водоемов и водотоков неочищенными и недостаточно очищенными сточными водами.

При обследовании очистных сооружений необходимо: 1) изучить проектные данные, технологическую схему и регламент работы очистных сооружений; ознакомиться с паспортом сооружений по очистке и обезвреживанию сточных вод и ранее выданным разрешением на сброс очищенных стоков, а также проверить выполнение ранее выданных предписаний в части улучшения работы очистных сооружений; 2) оценить эффективность работы лаборатории, осуществляющей ведомственный контроль за функционированием очистных сооружений. При этом необходимо проверить оснащенность лаборатории необходимым оборудованием, соблюдение согласованных с органами водного надзора методик, периодичность и объем производимых анализов сточных вод, правильность выбора точек и порядок отбора проб, правильность ведения отчетной документации. Следует также ознакомиться с данными лабораторного анализа сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и сравнить их с проектными данными; 3) проверить соблюдение регламентов на эксплуатацию каждого сооружения и организацию учета объемов очищаемой воды; 4) установить соответствие эксплуатируемых очистных сооружений проектным решениям.

При необходимости следует провести отбор и анализ проб сточных вод для определения степени их очистки как на очистных сооружениях в целом, так и по отдельным звеньям. Место, время и способ отбора проб определяются целью проверки: их устанавливают в каждом отдельном случае с учетом режима работы очистных сооружений и возможных колебаний во времени состава и расхода сточных вод. В обязательном порядке отбирают пробы на входе и выходе очистного сооружения или проверяемого звена с учетом времени прохождения воды через сооружение.

По результатам анализов оценивают эффективность работы очистных сооружений и достаточность очистки сточных вод.

Отбор проб в воде

Проба воды, взятая для анализа, должна отражать условия и место ее взятия, причем объем пробы должен быть достаточен и соответствовать выбранной методике анализа. Для оценки эффективности систем обезвреживания или определения величины выброса в водоем пробу отбирают непосредственно из трубопровода. Отбор проб из рек, ручьев, водохранилищ, озер, прудов, родников, колодцев, скважин, дренажей ведется на глубине 0.2-0.3 м под поверхностью воды пробоотборным прибором (бутыль, батаметр) с учетом скорости движения воды. Поскольку концентрация растворенных химических соединений и взвешенных частиц в воде, особенно после систем обезвреживания стоков промышленных предприятий, изменяется в течение суток, отбор проб воды ведется через равные промежутки, объем воды, необходимый для полного анализа, – 2 л – отбирается в стеклянную бутылку и консервируется (если анализ будет проводиться через сутки и более).

Используя данные научных работ кафедры ботаники и экологии (публикации), проанализируйте наиболее информативные и востребованные методы в гидробиологических исследованиях Донбасса.

7.8 Осуществление государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов

I. Общие положения

1. Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов (далее - Методические указания) разработаны в целях реализации Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. N 219 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, N 16, ст. 1921; 2009, N 18, ст. 2248; N 43, ст. 5080; 2011, N 29, ст. 4493; N 47, ст. 6660; 2013, N 24, ст. 2999).

2. Методические указания предназначены для использования территориальными органами Росгидромета, Росводресурсов и другими органами государственной власти, осуществляющими мониторинг состояния водных объектов.

3. Методические указания содержат методико-методологические основы организации и проведения наблюдений за состоянием донных отложений на основе изучения их химического загрязнения и токсичности и определяют требования к организации и проведению наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов.

4. Принципы организации и проведения мониторинга донных отложений основаны на:

- а) регулярности и комплексности их проведения;
- б) репрезентативности мест отбора проб донных отложений;
- в) согласованности программ наблюдения и сроков отбора проб воды и донных отложений с целью последующего анализа (сопоставления) данных мониторинга;
- г) проведении интегральной оценки токсичности донных отложений на основе биотестирования для выделения зон и участков накопления в них загрязняющих веществ и установления влияния источников загрязнения водного объекта;
- д) обеспечении единства и достоверности измерений при анализе проб воды и донных отложений.

5. Примерный перечень загрязняющих веществ, способных накапливаться в донных отложениях водных объектов, приведен в приложении 1 к Методическим указаниям.

6. Методики измерений, используемые для количественного химического анализа проб донных отложений и воды, аттестуются в соответствии с требованиями статьи 5 Федерального закона от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, N 26, ст. 3021; 2014, N 26, ст. 3366) и допускаются для задач мониторинга поверхностных водных объектов.

7. При обнаружении зон с высоким уровнем хронического загрязнения донных отложений или при залповых сбросах сточных вод и авариях в регионе проводят дополнительные экспедиционные обследования непосредственно на участке техногенного воздействия, целью которых является выявление источника загрязнения, масштабов и ареалов его распространения, а также оценка последствий влияния на состояние объектов природной среды.

II. Формирование сети пунктов наблюдений на водных объектах и программ наблюдений

8. Отбор проб донных отложений проводят в пунктах наблюдений на водных объектах.

9. Пункты наблюдений на водных объектах устанавливают:

а) вблизи сброса сточных вод промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий;

б) на участках с обнаруженными повторяющимися случаями нарушений норм качества воды, повышенных концентраций загрязняющих веществ в донных отложениях или их токсичности, в местах возможного влияния на состояние водных объектов наиболее значимых источников загрязнения;

в) в пунктах многоцелевого использования (режимные наблюдения, наблюдения за выносом в моря, в трансграничных водах и так далее).

10. Формирование сети пунктов наблюдений за состоянием донных отложений водных объектов производят в соответствии с настоящими Методическими указаниями на основании:

а) инвентаризации основных источников загрязнения и компонентного состава загрязняющих веществ сточных вод;

б) выявления наиболее загрязненных участков водотоков и водоемов;

в) изучения батиметрических карт, лоций, гидрологических и гидродинамических данных;

г) выявления источника загрязнения.

11. Расстояния между точками отбора проб донных отложений зависят от морфологии строения ложа дна, наличия антропогенной нагрузки, речной сети (притоков), глубины водного объекта. Частота сетки отбора проб донных отложений приведена в приложении 2.

12. На водотоках отбор проб донных отложений производят выше и ниже места сброса сточных вод. Верхний (фоновый) створ устанавливают на расстоянии не менее 1 километра выше источников загрязнения, на участках водных объектов, не подверженных влиянию сточных вод предприятий; нижний створ - не далее 0,5 километра от места сброса сточных вод.

13. При проведении работ по выявлению конкретного места сброса сточных вод между створами выше и ниже места сброса сточных вод устанавливают дополнительные створы, характеризующие влияние отдельных мест сброса сточных вод.

14. На водоемах отбор проб донных отложений производят в зоне влияния сброса сточных вод, в зоне верхнего бьефа гидроузла или в районе истока реки (канала) из исследуемого водоема и в замыкающих створах питающих их водотоков.

15. Один створ на водоемах и водотоках совмещают со створом сброса сточных вод, где происходит максимальное накопление донных отложений.

16. При исследовании вторичного загрязнения водного объекта пробы донных отложений отбирают в местах, где обмен загрязняющими веществами между водной массой и донными отложениями характеризуется экстремальными значениями:

а) на судовом ходу;

б) на участках водоемов с глубинами до 10 метров;

- в) в зонах ветрового перемешивания вод;
- г) на перекатах рек.

17. Формирование программы сети пунктов наблюдений за состоянием донных отложений водных объектов проводят с учетом особенностей поступления загрязняющих веществ в водоемы и водотоки, их форм миграции, скоростей трансформации, особенностей донных отложений.

III. Характеристики донных отложений. Периодичность и сроки отбора проб

18. Основные характеристики донных отложений водных объектов и их определение приведены в приложении 3.

19. Для общего описания характеристики донных отложений определяются их визуальные и физические характеристики (цвет, запах, консистенцию, тип, включения), температуру, влажность, значения водородного показателя (рН) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

20. Наблюдения по токсикологическим (биотестовым) показателям для донных отложений включают определение острого и хронического действия в биотестах.

21. Биотесты ставят на лабораторных тест-объектах: хирономидах, дафниях, цериодафниях, коловратках, водорослях, парамециях.

22. В целях описания характеристики донных отложений в том числе используются организмы из природных популяций, которые населяют исследуемый водный объект и отловлены на его незагрязненных участках:

а) личинки насекомых, обитающих в воде (хирономиды, жуки, эфемериды, ручейники);

б) бентические ракообразные (водяной ослик, бокоплавы).

23. В случае обнаружения высокой токсичности донных отложений, биохимической устойчивости, способности к сорбции на взвешенных веществах с последующим осаждением на дно водного объекта, аккумуляции донными отложениями, водной биотой и животными в донных отложениях определяют наиболее распространенные приоритетные (нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, пестициды, металлы) и специфические (полихлорбифенилы, полихлорфенолы, полиароматические соединения, сероорганические соединения и другие) загрязняющие вещества.

24. Компонентный состав металлов устанавливают с учетом специфики источников загрязнения.

Приоритетными для наблюдений являются ртуть, мышьяк, медь, цинк, кадмий, свинец, хром.

25. Компонентный состав нефтепродуктов включает углеводороды и смолистые вещества (смолы и асфальтены). Асфальтены способны накапливаться в донных отложениях в значительной степени (до 70 - 80 процентов от общей суммы нефтяных компонентов).

26. Компонентный состав контролируемых полициклических ароматических углеводородов включает стойкие и токсичные 4 - 7-ядерные ароматические углеводороды, имеющие преимущественно техногенное происхождение. Исследование компонентного состава полициклических ароматических углеводородов допустимо проводить в пробах, где обнаружены их высокие суммарные концентрации.

27. Компонентный состав пестицидов включает наиболее опасные и стойкие хлорорганические пестициды; α -, β -, γ -изомеры гексахлорциклогексан; дихлордифенилтрихлорэтан и его метаболиты - дихлордифенилдихлорметилметан и дихлордифенилдихлорэтилен. Пестициды других классов, способные к накоплению в донных отложениях, определяют только в водных объектах, где имеются источники их поступления.

28. Специфические загрязняющие вещества (полихлорбифенилы, полиароматические соединения, полихлорфенолы, серосодержащие соединения и другие) определяют в донных отложениях только тех водных объектов, где имеются источники их поступления.

29. Периодичность и сроки отбора проб донных отложений для анализа загрязняющих веществ и определения токсичности устанавливаются с учетом гидрологической ситуации в водном объекте и времени максимального поступления веществ в донные отложения в соответствии с приложением 4.

При идентификации источника загрязнения водного объекта специально проводят дополнительный отбор проб донных отложений.

30. Выбор способа отбора проб зависит от целей исследования, типа донных отложений, гидродинамического режима водного объекта, планируемых для определения в донных отложениях загрязняющих веществ и отборов из поверхностного слоя донных отложений или по горизонтам. Отбор проб осуществляется из поверхностного слоя по горизонтам при проведении специальных исследований (при оценке интенсивности хронического загрязнения; определении глубины размывания донных отложений при сгонно-нагонных явлениях; изучении вторичного загрязнения водных масс; исследовании внутриводоемных процессов), а также для установления истинных фоновых концентраций исследуемых веществ в донных отложениях, отобранных до периода их заметного загрязнения (на глубине более 30 см).

К устройствам, нарушающим стратификацию донных отложений при отборе проб, относятся дночерпатели типа штанговый ГР-91, ДЧ-0,025.

К устройствам, не нарушающим стратификацию донных отложений при отборе проб, относятся трубки типа ТГ-1 и ТГ-1.5, снабженные специальными вкладышами-клапанами для предотвращения вымывания донных отложений при подъеме трубки, пробоотборники открытого гравитационного типа с автоматически закрывающейся диафрагмой.

При определении в донных отложениях неорганических загрязняющих веществ (мышьяк и металлы) пробоотборник используется из пластика или из нержавеющей стали. В случае отсутствия соответствующего пробоотборника пробу извлекают из него как можно скорее, при этом часть пробы, находящаяся в непосредственном контакте с пробоотборником, удаляется. Перед использованием пробоотборник необходимо предварительно промыть 5%-ной азотной кислотой и ополоснуть бидистиллированной водой.

При определении в донных отложениях органических загрязняющих веществ (хлорорганические соединения, нефтепродукты, пестициды) используют пробоотборник из нержавеющей стали, предварительно ополоснув его гексаном.

В целях предотвращения перекрестного загрязнения пробы, отобранные для определения в них неорганических веществ, на всех этапах исследования полностью изолируют от проб, отобранных для определения органических веществ.

31. При появлении новых источников загрязнения, изменении условий сброса, расхода и состава сточных вод прежних источников, смещении зон максимального осадконакопления состав сети пунктов наблюдения на водных объектах, перечень загрязняющих веществ и сроки отбора проб пересматриваются.

IV. Анализ проб. Обработка, обобщение результатов, оценка состояния донных отложений. Оценка уровня токсического загрязнения экосистемы водного объекта

32. Оценка загрязненности донных отложений проводится одним из следующих способов:

сравнение концентрации каждого из загрязняющих веществ в пробах донных отложений, отобранных в створах наблюдений и в фоновом створе, при условии идентичности типов донных отложений, в абсолютной форме либо в относительной форме в виде коэффициентов загрязнения, факторов загрязнения, представляющих отношения обнаруженной концентрации к фоновой;

сравнение концентраций определяемых веществ (преимущественно металлов), содержащихся в поверхностном односантиметровом слое и фоновых донных отложениях, отобранных в этой же точке до периода их заметного загрязнения на глубине не менее 20 см (частное от деления этих величин представляет собой коэффициент загрязнения);

сравнение кратности отношения абсолютной концентрации определяемого вещества к средней характерной концентрации каждого определяемого вещества для различных типов донных отложений. Степень загрязненности донных отложений в исследуемый период времени зависит от величины кратности (меньше или больше единицы). Данный способ применим при наличии многолетних наблюдений в условиях постоянного антропогенного воздействия за состоянием донных отложений в конкретном водном объекте, по результатам которых и рассчитывают среднюю характерную концентрацию.

Концентрации загрязняющих веществ в пробах донных отложений сравнивают с поправкой на размер частиц донных отложений: фракцию размером менее 63 или 125 мкм анализируют в том случае, если материал фракции составляет хотя бы 30-40 процентов от всей пробы.

33. Способы представления полученных результатов:

а) включение в таблицы первичной информации, полученной по итогам отбора проб донных отложений и их анализа;

б) обработка включенных в таблицы данных с помощью статистических методов, преобразование данных в значения, позволяющие судить о временных и (или) пространственных изменениях;

в) представление данных в виде графиков, что позволяет визуально обнаружить тенденции; отражение на графике контрольных параметров позволяет представить ситуацию в развитии. Графики могут быть представлены в линейной форме, в виде гистограмм, круговых диаграмм;

г) агрегирование данных методом выведения обобщенных показателей качества (при большом объеме данных).

34. При оценке загрязненности донных отложений учитывается вклад биогенной составляющей для веществ, имеющих смешанное (природное и антропогенное) происхождение.

35. Для установления степени и характера загрязнения используют оценку загрязненности донных отложений и воды по величинам коэффициентов донной аккумуляции и определение индекса экологической опасности для оценки интенсивности загрязнения водного объекта металлами.

36. При проведении работ по выявлению источника загрязнения водного объекта используется информация о составе специфических загрязняющих веществ в сточных водах и предполагаемом источнике их загрязнения.

37. Оценка токсичности пробы донных отложений проводят с помощью биотестирования с использованием одной методики (биотеста) или набора методик (биотестов).

38. Биотестирование донных отложений проводят выборочно на:
нативной, необработанной пробе;
водной вытяжке из донных отложений.

Для биотестирования "необработанной" пробы донных отложений используют биотест на организмах зообентоса.

Для биотестирования водной вытяжки используют биотесты на дафниях, цериодафниях, водорослях, парамециях, коловратках и рыбах.

Приоритетным при оценке результатов биотестирования водной вытяжки по набору биотестов является биотест на дафниях или цериодафниях.

39. Оценка токсичности пробы проводят, используя результаты регистрации острого токсического действия и хронического токсического действия с учетом закономерностей реагирования, особенностей жизнедеятельности использованных тест-объектов.

При использовании набора биотестов общая оценка токсичности дается исходя из следующего принципа: если хотя бы в одном из биотестов проба донных отложений оказывает токсическое действие, ее считают токсичной (результаты различных биотестов могут не совпадать вследствие различий в чувствительности тест-объектов к токсическому воздействию). Степень влияния токсичного вещества на организм зависит от концентрации и времени воздействия (экспозиции) и определяется по формуле:

$$E = CT,$$

где E – эффект (результат воздействия);

C – концентрация воздействующего вещества;

T – время воздействия вещества (экспозиция).

Эффект E представляет собой любой результат воздействия, например, гибель тест-объектов, а величины C и T выражаются в соответствующих единицах измерения.

40. Общую оценку уровня токсического загрязнения донных отложений водного объекта (в целом) проводят на основе результатов биотестирования проб, отобранных на разных его участках. По наличию токсичности в различных пробах донных отложений судят о расположении участков накопления токсичных загрязняющих веществ в водном объекте, зонах влияния источников загрязнения.

41. Оценка уровня токсического загрязнения экосистемы водного объекта проводят на основе результатов биотестирования проб донных отложений, проб воды из придонных слоев. При этом в токсикологических экспериментах используют экологически соответствующие тест-объекты.

42. Контроль загрязнения при отборе проб донных отложений организуют при наличии стандартных образцов донных отложений. При этом оценивается возможное

загрязнение пробы из-за неподготовленного оборудования для отбора проб, неправильного хранения и транспортирования проб, неквалифицированной работы оператора.

Приложение 1

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, СПОСОБНЫХ НАКАПЛИВАТЬСЯ В ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Источник загрязнения	Загрязняющие вещества
Нефтяная промышленность	
нефтедобывающая	Нефтепродукты, СПАВ, химические реагенты (нитролигнин, карбоксиметилцеллюлоза, полиакриламиды и другие), 3 - 5-ядерные ПАУ, их производные, гетероциклические азот-, серосодержащие соединения (метил-, диметилбензтиофены и другие), металлы.
нефтеперерабатывающая	Нефтепродукты, СПАВ, ПАУ, их азот-, серосодержащие гетероциклические производные (метил-, диметилбензтиофены, нафтотиофены и другие), металлы, фталаты.
Газовая промышленность	
добыча и переработка газа и газоконденсата	Углеводороды, ПАУ, их серосодержащие гетероциклические производные, хлор- и аминокпроизводные других циклических веществ, СПАВ.
Теплоэнергетика	ПАУ, нефтепродукты, металлы (As, V, Pb, Cr, Cd, Ni, Zn и другие).
Угольная промышленность	
добыча и обогащение угля	металлы (Fe, Cd, Ni, Pb, Zn, Cu, Mn, Be, Co, Sr и др.), ПАУ, их азот- и серосодержащие гетероциклические производные, нефтепродукты.
коксохимическое производство	ПАУ, их кислород-, азот-, серо-, галогенсодержащие гетероциклические производные (бенз-, дибензкарбазолы, бенз-, дибензакридины, бензхинолины и другие), каменноугольные смолы, терпеновые, ароматические спирты, металлы (Rb, Cd, Hg, Mn, Al, Fe и другие), дибензфураны, ПХБ, СПАВ, углеводороды, цианистые соединения, сажа и др.
Черная металлургия	
горнорудное производство	Металлы, каменноугольные смолы, нефтепродукты,

производство чугуна, стали, проката, металлосплавов СПАВ, реагенты обогащения руд (масла и другие), ПАУ, их кислород-, серо-, азотсодержащие гетероциклические производные, полихлорированные диоксины, ПХБ, цианистые соединения, амины и другие

Цветная металлургия

горнорудное производство металлы (Al, Zn, Cu, Fe, Pb, Co, Cr, Ni, Mn, Cd, Al и др.), нефтепродукты, СПАВ, полихлорированные диоксины, ПХБ, цианистые соединения и другие

производство цветных металлов и их сплавов

Машиностроительная промышленность металлы, СПАВ, нефтепродукты, диметил-, диоктил-, дибутилфталаты и другие

Целлюлозно-бумажная промышленность Лигносульфонаты, ПАУ, нефтепродукты, СПАВ, металлы (Mn, Fe, Mo, V, Cu, Co и др.), хлор-, сероорганические соединения, сера молекулярная, диметил-, дибутилфталаты и другие

Лесохимическая промышленность ПХФ, СПАВ, лигносульфонаты и другие

Производство лаков и красок Фенол-формальдегидные смолы, СПАВ, углеводороды, ПХФ, фталаты, нитро-, хлорфенолы, производные ароматических аминов, кислот и другие

Сельскохозяйственное производство

животноводство Пестициды, СПАВ, металлы (Zn, Cu, Fe и другие), нефтепродукты

растениеводство

Пищевая промышленность

мясоперерабатывающие, молочные и рыбные производства Жиры, высокомолекулярные жирные органические кислоты, спирты, нефтепродукты, СПАВ и другие

Очистные сооружения, хозяйственно-бытовые сточные воды Нефтепродукты, СПАВ, жиры, высокомолекулярные жирные кислоты, диметил-, диоктил-, дибутилфталаты, хлорорганические соединения, хлор-, сероорганические, цианистые соединения

Использованы следующие сокращения:

1. ПАУ - полициклические ароматические углеводороды.
2. ПХБ - полихлорбифенилы.
3. ПХФ - полихлорфенолы.
4. СПАВ - синтетические поверхностно-активные вещества.

ЧАСТОТА СЕТКИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Глубина водного объекта (метры)	Частота сетки отбора проб (метры)
> 40	300 - 400
10 - 40	100 - 300
< 10	30 - 100

Примечание. На водном объекте отбирается не менее 5 - 10 проб каждого типа донных отложений.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

1. Физическими свойствами донных отложений являются:

- цвет;
- запах;
- консистенция;
- включения;
- тип.

1.1. Цвет донных отложений обусловлен окислительно-восстановительными условиями, содержанием и составом органических веществ, сульфидов, гидроксидов железа и марганца и описывается полутонами (беловато-серый, темно-серый, желто-серый, черно-серый).

1.2. Запах донных отложений зависит от состава аккумулярованных веществ и определяется органолептически после отбора проб. Основные виды запаха приведены в таблице.

Вид запаха	Возможные источники происхождения запаха
Химический	Промышленные сточные воды
Нефтяной	Сточные воды нефтеперерабатывающих заводов, судоходство, пластовые воды нефтегазовых месторождений
Сернистый	Сероводород
Гнилостный	Застоявшиеся сточные воды
Землистый	Сырая земля
Торфяной	Торф

1.3. Консистенция донных отложений в значительной мере зависит от наличия в них воды. По консистенции донные отложения подразделяют на жидкие (растекаются по бумаге), полужидкие (расплываются по бумаге), мягкие (легко вдавливаются пальцем), плотные (трудно вдавливаются пальцем), очень плотные (трудно разрезаются ножом).

1.4. Включения в донные отложения обычно состоят из остатков флоры и фауны, различных конкреций, грубообломочного материала и описываются визуально (ракушки, остатки травы, твердые частицы).

1.5. Типы донных отложений устанавливают по механическому и вещественному

составам.

1.5.1. Тип донных отложений по механическому составу определяется по преобладающему размеру слагающих фракций и устанавливается визуально. Сочетание двух или нескольких фракций определяет двучленное название их типа (песчанистый ил, глинистый ил, илистый песок).

1.5.2. Тип донных отложений по вещественному составу определяется по содержанию основных слагающих их компонентов (карбонатов кальция и магния, органических веществ, аморфного кремнезема, иногда железа и марганца).

2. В отобранных пробах донных отложений в непосредственной близости от водного объекта определяют следующие физические свойства: цвет, температуру, pH, Eh, запах.

3. Описание типа, консистенции и включений, а также определение влажности производят в лаборатории.

Приложение 4

ПЕРИОДИЧНОСТЬ И СРОКИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ

Название загрязняющего вещества	Водоток		Водоем	
	Периодичность, число раз в году	Характеристика срока	Периодичность, число раз в году	Характеристика срока
Хлорорганические пестициды и другие пестициды	3 <*>	На спаде половодья, при прохождении дождевого паводка, перед ледоставом	3 <*>	В начале весеннего наполнения, в период максимального наполнения, при наиболее низком уровне в летне-осенний период
	2 <***>	На спаде половодья, в межень	2 <***>	В период максимального наполнения, при наиболее низком уровне в летне-осенний период
Нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды и другие органические вещества	3 <*>	На спаде половодья, при прохождении дождевого паводка, перед ледоставом	2 - 3	В период максимального наполнения, при наиболее низком уровне в летне-осенний период, желательно при минимальных уровнях во время ледостава
металлы	2 - 3 <*>	На спаде половодья, при прохождении дождевого паводка, желательно перед ледоставом	2 - 3	В период максимального наполнения, при наиболее низком уровне в летне-осенний период, желательно при минимальных уровнях во время ледостава

<*> При возникновении чрезвычайных ситуаций и идентификации источника загрязнения водного объекта проводят дополнительный отбор проб донных отложений и сточных вод.

<***> При отсутствии применения хлорорганических пестицидов и других пестицидов в регионе.

8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ

8.1 Обобщенная программа мониторинга загрязнения почв

При оценке степени загрязнения почвы из-за чрезвычайно большой трудоемкости и стоимости проводимых работ не всегда нужна сплошная съемка загрязненных почв. Целесообразнее и экономичнее проследить пути воздушного и водного загрязнения почв, анализируя объединенные образцы, которые следует отбирать на **ключевых участках**, расположенных в секторах радиусах вдоль преобладающих воздушных потоков.

Под **ключевым участком** понимается участок (1-10 га и более), характеризующий типичные, постоянно повторяющиеся в данном районе сочетания почвенных условий и условий рельефа, растительности и других компонентов физико-географической среды. Основную часть ключевых участков следует располагать в направлении двух экстремальных лучей (румбов) розы ветров. При нечетко выраженной розе ветров участки должны характеризовать территорию равномерно в направлении всех румбов розы ветров. Если есть основание полагать, что миграция тяжелых металлов связана с водными потоками, то направление лучей нужно согласовывать с вектором водной миграции. Общее количество исследуемых участков – 15... 20.

Изучение процессов загрязнения почв на ключевых участках проводится более детально, чем на остальных территориях. Оно довольно трудоемко и требует много времени. Ключевые участки размещают на обследуемой территории таким образом, чтобы они характеризовали все возможные ландшафтно-геохимические условия, разнообразие генезиса, состава и сочетания почв, типичные биоценозы и, конечно, фоновые и техногенные участки.

При наблюдении за уровнем загрязнения почв **тяжелыми металлами** большое значение имеет сравнение изменений, происходящих по мере увеличения или уменьшения влияния того или иного фактора, и вызванных этими изменениями закономерных смен степени загрязнения почв различными ингредиентами в пространстве. Наиболее четко эти закономерности можно выявить на почвенно-геоморфологических профилях, секущих всю территорию вдоль преобладающих направлений ветра, что является ценным методом исследования сопряженных связей между распределением загрязняющих веществ в почвах и средой.

Под **почвенно-геоморфологическим профилем** следует понимать заранее выбранную узкую полосу земной поверхности, на которой установлена связь степени загрязнения почв с одним или несколькими экологическими факторами. Почвенно-геоморфологические профили закладываются по векторам розы ветров.

Профили не могут полностью заменить ключевые участки, особенно в тех случаях, когда изменение степени загрязнения почв обусловлено характером микрорельефа, связь которого с загрязнением почв наиболее наглядно проявляется на большой территории. Следовательно, почвенно-геоморфологические профили и ключевые участки должны дополнять друг друга.

Достоверно установлено, что техногенные выбросы, загрязняющие почвенный покров через атмосферу, сосредотачиваются в поверхностных слоях почвы. Тяжелые металлы сорбируются, как правило, в первых 2-5 см от поверхности. Загрязнение нижних горизонтов происходит в результате обработки почвы (вспашки, культивации, боронования), а также вследствие диффузионного и конвективного переноса через трещины, ходы почвенных животных и растений. Поэтому наиболее четкая картина загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами может быть получена при отборе проб почв с глубин 0-10 и 0-20 см на пашне и 0-2,5; 2,5-5,0; 5-10; 10-20 и 20-40 см на целине или старой залежи.

Объединенная проба составляется, как правило, методом так называемого «конверта». Все дальнейшие операции с первичной обработкой почв аналогичны операциям, осуществляемым при контроле за загрязнением почв пестицидами. После отбора проба почвы направляется на анализ в лабораторию. К каждой пробе прилагается талон, содержащий основные необходимые сведения о самой почве и условиях ее отбора. В сопроводительном талоне указываются порядковый номер образца, число, месяц и год отбора, а также либо фактическое название, либо номер или условное обозначение пункта, расшифрованное в рабочем журнале.

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

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

Кроме того, указываются глубина залегания грунтовых вод, определяемая по глубине колодцев (открытых и артезианских), сельскохозяйственная культура (настоящая и предшествующая) или естественная растительность и их состояние (удовлетворительное, хорошее, неудовлетворительное), а также состояние поверхности почвы (наличие или отсутствие микроповышений или микропонижений, борозд, кочек) и качество ее обработки.

Пробы почв и сопроводительные талоны к ним сохраняются в лаборатории в течение полутора-двух лет.

Критериями при составлении перечня загрязняющих почву веществ, подлежащих контролю, являются их токсичность, распространенность и устойчивость.

8.2 Контроль загрязнения почв пестицидами

Пестициды включают в себя следующие вещества:

- инсектициды для борьбы с нежелательными насекомыми,
- гербициды для уничтожения сорняков,
- фунгициды для борьбы с грибковыми болезнями и др.

Кроме того, существуют еще фумиганты и репелленты (вещества, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур). Применение пестицидов способствует повышению урожая от 20 до 60 % при затратах 1-5 % от общих издержек. Будучи биологически активными, они часто оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время существуют конкретные правила и методы отбора проб почв для определения микроколичества пестицидов и гербицидов, разработанные Институтом экспериментальной метеорологии (ИЭМ) Росгидромета. В соответствии с этими правилами наблюдения и контроль за загрязнением почв пестицидами и гербицидами включают в себя несколько важных моментов, на которые следует обратить внимание.

При подготовке к наблюдениям и контролю за загрязнением почв в полевых условиях, как правило, изучается имеющийся материал о физико-географических условиях объекта исследования, осуществляется детальное ознакомление с информацией о длительности применения пестицидов в хозяйствах изучаемого объекта, выявляются так называемые выборочные хозяйства с наиболее интенсивным (по объему) применением пестицидов в течение последних 5-7 лет, анализируются материалы об урожайности сельскохозяйственных культур и т.д.

Исследование загрязнения почв пестицидами проводится на постоянных и временных пунктах наблюдения. Постоянные пункты создаются в различных хозяйствах района обследований не менее чем на 5-летний период. Число постоянных пунктов зависит от числа и размеров хозяйств. Кроме выборочных хозяйств, постоянные пункты создаются на территориях молокозаводов, мясокомбинатов, элеваторов, плодоовощных баз, птицеферм, рыбхозов и лесхозов и т.д. Для оценки фонового загрязнения почв пестицидами выбираются участки, удаленные от сельскохозяйственного и промышленного производства, находящиеся в «буферной зоне» заповедников. На временных пунктах наблюдение и контроль за загрязнением почв пестицидами осуществляются в течение одного вегетационного периода или года.

Как правило, в каждом хозяйстве обследуются 8-10 полей под основными культурами. В каждом крае и области ежегодно нужно обследовать несколько хозяйств, равномерно распределенных по территории (не менее 2). Для оценки загрязнения инсектицидами, гербицидами, фунгицидами и другими пестицидами почвы отбираются 2 раза в год: весной после сева и осенью после уборки урожая. При установлении многолетней динамики остаточных количеств пестицидов в почвах или же миграции их в системе почва – растения наблюдения проводятся не менее 6 раз в год (фоновые – перед посевом, 2-4 раза во время вегетации культур и 1-2 раза в период уборки урожая).

Для оценки площадного загрязнения почв пестицидами обычно составляется исходная проба почвы, в которую входят 25-30 проб (выемок), отобранных в поле по

диагонали тростевым почвенным буром, который погружается в почву на глубину пахотного слоя (0-20 см). Почва, попавшая в пробу из подпахотного слоя, удаляется. Масса почвы, отобранной тростевым буром, составляет 15-20 г. Отбор проб почвы можно производить лопатой. Если наблюдения за загрязнением почвы пестицидами производятся в садах, то каждая проба отбирается на расстоянии 1 м от ствола дерева. Пробы-выемки, из которых составляется исходная проба, должны быть близки между собой по окраске, структуре, механическому составу и т.д.

В целях изучения вертикальной миграции пестицидов, как правило, закладываются почвенные разрезы, размеры (глубина) которых зависят от мощности почв. Почвенные разрезы представляют собой глубокие шурфы, пересекающие всю серию почвенных горизонтов и вскрывающие верхнюю часть подпочвы, т.е. неизменные или слабо измененные материнские породы.

В выбранном на поверхности земли месте очерчивают форму шурфа – продолговатый четырехугольник со сторонами примерно 0,8 x 1,5-2,0 м. Одна из коротких стенок шурфа к моменту описания должна быть обращена к солнцу. Эта стенка будет «лицевой», рабочей, предназначенной для изучения разреза почвы.

Перед взятием проб почвы производится краткое описание места расположения разреза и почвенных горизонтов (влажность, цвет, окраска, механический состав, структура, сложение, новообразования, включения, развитие корневых систем, следы деятельности животных, мерзлота). Пробы почвы берутся на «лицевой» стороне начиная с нижних горизонтов. С каждого генетического горизонта почвы берется один образец толщиной 10 см.

Площади поля, загрязнение которого характеризует одна исходная проба почвы, для разных категорий местности и почвенных условий неодинаковы.

Отобранные тем или иным способом пробы-выемки ссыпаются на крафт-бумагу, затем тщательно перемешиваются и квартовются 3-4 раза. После квартования почва тщательно перемешивается и делится на 6-9 частей, из центров которых берется примерно одинаковое количество почвы и насыпается в полотняный мешочек или на крафт-бумагу. Масса полученного исходного образца почв должна составлять 400-500 г. Образец снабжается этикеткой и регистрируется в полевом журнале, в котором записываются следующие данные:

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

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

8.3 Контроль загрязнения почв вредными веществами промышленного происхождения

Перед выполнением полевой программы наблюдений за уровнем загрязнения почв в природных и сельскохозяйственных ландшафтах необходимо провести планирование работ, т. е. определить примерное количество точек отбора почв, которые дадут основной физический материал, составить схему их территориального размещения, наметить полевые маршруты или последовательность обработки площадей, установить календарные сроки исполнения задания. Помимо этого следует проверить наличие и качество топографического материала, а также тематических карт (почвенных, геоботанических, геологических, геохимических и др.). Кроме того, необходимо собрать сведения об источниках загрязнения почв на территории (расположение, используемое сырье, объем производства, отходы), а также установить связь с учреждениями, которые заинтересованы в предполагаемых обследованиях.

Наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах и на окружающей территории носят характер экспедиционных работ и поэтому включают в себя все мероприятия по подготовке к ним. Время проведения экспедиционных работ и отбора почв не имеет принципиального значения. Однако удобнее всего сбор материалов проводить в сухое время года, в период уборки урожая основных сельскохозяйственных культур, т. е. летом и в начале осени. При развернутых стационарных наблюдениях отбор проб производится независимо от времени экспедиционных работ. Повторные наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами ранее обследованных территорий осуществляются через 5... 10 лет.

При выборе участков наблюдения на территориях, используемых в сельском хозяйстве, исходным рабочим документом служит топографическая основа (карта) определенного масштаба (обычно 1:10 000). Контуры (схема) города (рабочего поселка) или промышленного комплекса размещаются, как правило, в центре плана местности, который переснимается с топографической основы.

Из геометрического центра (город, промышленный комплекс, завод и т.д.) с помощью циркуля наносятся окружности на расстояниях 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30 и 50 км, т.е. обозначается зона возможного загрязнения почв, которая определяется скоростью и частотой ветров данного румба (розой ветров), характером выбросов в атмосферу (плотностью вещества, дисперсностью частиц), высотой труб, рельефом территории, растительностью и т.д.

Значительное количество тонкодисперсных аэрозолей и газов, содержащих тяжелые металлы, остается в атмосфере, переносится на большие расстояния и поступает в глобальный круговорот на планете.

На подготовленный таким образом план местности наносятся контуры многолетней розы ветров по 8-16 румбам. Самый большой вектор, соответствующий наибольшей повторяемости ветров, откладывается в подветренную сторону. Его длина составляет 25-30 см, т.е. 25-30 км. Таким образом, в контур, образованный розой ветров, схематически включается территория наибольшей загрязненности

тяжелыми металлами. Затем в направлении радиусов строятся секторы шириной 200-300 м вблизи источников загрязнения с постепенным расширением до 1-3 км. В местах пересечения осей секторов с окружностями располагаются ключевые участки, а на них – сеть опорных разрезов, пункты и площадки взятия проб.

Для более полного понимания взаимосвязи между почвами, природными и хозяйственными условиями района проводится предварительное рекогносцировочное (разведочное) обследование местности. Во время рекогносцировки проверяются и закрепляются сведения, взятые из различных источников, формируются личные воззрения и закрепляются в памяти важные особенности объекта предстоящих обследований. Рекогносцировочные обследования проводятся маршрутным путем и зависят от природной сложности территории, степени ее изученности, площади и масштаба обследований. При детальном обследовании загрязнения почв вокруг единичного источника бывает достаточно 1-2 раза пересечь участок. При обследовании больших площадей (сельскохозяйственных полей, местности вокруг городов и т.д.) требуются значительные усилия и время, чтобы обойти всю местность, пересекая ее по главным географическим элементам.

В результате рекогносцировки выявляются основные ландшафтные особенности территории, общие закономерности пространственных изменений почвенного покрова, главные формы почвообразования и др. Одновременно проводится ознакомление с местным фондовым материалом, собираются сведения о климате и микроклимате, погодных условиях последних лет, заболеваниях людей, вызываемых повышенным содержанием вредных веществ в экосистеме.

После отбора нескольких проб почвы составляется объединенная проба, после чего она направляется в лабораторию вместе с сопроводительным талоном.

8.4 Контроль радиоактивного загрязнения почв

Радиоактивные выпадения из атмосферы, попавшие на поверхность почвы, задерживаются в ней. Радионуклиды с большим периодом полураспада накапливаются в поверхностном слое почвы. Это позволяет определять суммарное значение выпадений за продолжительный период времени. Исследование вертикального распределения радионуклидов по профилю почвы позволяет не только правильно определить содержание радиоактивных веществ в почве, но и оценить мощность дозы, вызванную гамма-излучением того или иного радионуклида, определить скорость миграции радионуклидов в почве, выявить низкие уровни промышленного загрязнения на фоне глобального или «свежие» радиоактивные выпадения на фоне «старого» загрязнения, а также количество радионуклидов в почве.

Для контроля за радиоактивным загрязнением почв применяется метод отбора проб почв с последующим их гамма-спектрометрическим анализом в лабораторных условиях. Кроме того, в полевых условиях может быть также использован метод непосредственного гамма-спектрометрического анализа гамма-излучения, испускаемого почвой, с помощью портативного гамма-спектрометра (экспресс-анализа с помощью приборов «Белла» и СРП-88).

Для того чтобы результаты измерения могли быть распространены на всю исследуемую территорию, а не характеризовать только место отбора пробы, места отбора проб должны быть представительными. Представительность отобранной пробы может быть обеспечена в том случае, если поверхность почвы в месте отбора не подвергается смыву во время ливней или паводковыми водами, а также не может быть смещена сильными ветрами в результате эрозии. В месте отбора проб не должно также быть наносов почвы. Отбор проб следует проводить на открытых горизонтальных участках с ненарушенной структурой, при этом необходимо следить, чтобы на эти участки не могла попасть почва, смываемая с соседнего участка.

В результате миграции радионуклиды проникают вглубь почвы. Скорость такого проникновения зависит от состояния поверхности почвы и ее влажности. Глубина проникновения на легких почвах для глобального цезия-137 может достигать 50 см, а для стронция-90 – 100 см. Однако основное количество радионуклидов сосредоточено в верхнем 10-сантиметровом слое почвы, поэтому необходимо наиболее тщательно проводить исследование вертикального распределения загрязнения в этом верхнем слое почвы.

В зависимости от величины загрязнения отбор проб проводится или в случае отсутствия заметного вклада мощности дозы гамма-излучения от выпавшего загрязнения, или в случае, когда мощность дозы на поверхности почвы обусловлена выпавшим загрязнением.

В первом случае используют специальные пробоотборники цилиндрической формы диаметром 26 см. Для исследования вертикального распределения загрязнения отобранный монолит почвы делят на слои. Толщина первых четырех слоев должна составлять 0,5 см, следующих четырех слоев – 1 см и последующих двух слоев – 2 см.

Поскольку загрязняющие радионуклиды могут попасть в почву и на глубину более 10 см, для исследования их вертикального распределения используется пробоотборник, позволяющий проводить отбор почвы на глубине 40-50 см и на пахотных участках. Площадь пробоотборника 100 см², высота 70 см. Пробоотборник имеет уменьшенный диаметр по сравнению с указанным выше.

Это объясняется тем, что на пахотных почвах и глубинах более 10 см изменение содержания радионуклидов в почве с глубиной значительно меньше, чем в поверхностном слое почвы. В связи с этим можно проводить исследование более толстых слоев, а следовательно, лунки для отбора пробы могут быть меньшего диаметра. Кроме того, уменьшение диаметра пробоотборника позволяет исключить попадание почвы из верхних слоев в нижние.

После забивания пробоотборника в почву его выкапывают, разбирают на две половинки, а отобранную пробу делят на куски высотой 5 см. Пробы упаковывают в полиэтиленовые мешки и заворачивают в крафт-бумагу, снабжая этикетками с подробным описанием места отбора пробы и состояния поверхности почвы.

Обобщение результатов мониторинга почв

Негативные последствия антропогенного загрязнения почв проявляются на региональном и на глобальном уровнях. Поэтому в настоящее время разработка программ наблюдения за химическим загрязнением почв является наиболее актуальной задачей. Создание таких программ требует прежде всего правильной оценки современного состояния почв, т.е. организации системы наблюдений и оценки состояния почв, испытывающих воздействие антропогенных загрязняющих веществ.

Содержание и характер проведения наблюдений за уровнем загрязнения почв и их картографирование в сельских и городских условиях имеют свою специфику. **Задачами наблюдений являются:**

- регистрация современного уровня химического загрязнения почв, а также выявление географических закономерностей и динамики временных изменений загрязнения почв в зависимости от расположения и технологических параметров источника загрязнения;
- прогноз изменения химического состава почв в ближайшем будущем и оценка возможных последствий их загрязнения;
- обеспечение заинтересованных организаций информацией об уровне загрязнения почв.

С учетом перечисленных выше задач можно выделить следующие виды наблюдений:

- режимные, т.е. систематические наблюдения за уровнем содержания химических веществ в почвах в течение определенного промежутка времени;
- комплексные, включающие в себя исследования процессов миграции загрязняющих веществ в системах атмосфера – почва, почва – растение, почва – вода и почва – донные отложения;
- изучение вертикальной миграции загрязняющих веществ в почвах по профилю;
- за уровнем загрязнения почв в определенных пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

Таким образом, при наблюдениях за уровнем загрязнения почвы необходимо получить представление не только о степени ее химического загрязнения в настоящее время, но и о путях развития происходящих процессов в будущем, и в частности в период, когда будут проводиться мероприятия, направленные на уменьшение химического загрязнения почвы, существенно изменяющие ее водный, тепловой, солевой, биологический и другие режимы.

В то же время состояние и прогноз загрязнения почвы не может базироваться только на анализах проб.

Почва – это элемент ландшафта, поэтому ее исследование неотделимо от изучения всех компонентов природного и антропогенного комплексов, всех путей накопления загрязняющих веществ в природных, сельских и городских условиях. Информация о загрязнении почв поступает в лаборатории в виде сопроводительных талонов, а анализы почв – в виде рабочих таблиц. По этим данным составляют справки и обзоры, а также дают так называемую штормовую информацию. В установленные методиками Гидромета сроки данные анализа почвы наносятся на геохимические карты.

8.5 Мониторинг земель

Мониторинг земель представляет собой наблюдение за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, прогноза, предупреждения и устранения негативных процессов. Объектом мониторинга земель является **весь земельный фонд страны не зависимо от формы собственности на землю.**

Мониторинг земель включает в себя:

- 1) Сбор информации о состоянии земель в РФ, ее обработку и хранение
- 2) Непрерывное наблюдение за использованием земель исходя из их назначения и разрешенного использования
- 3) Анализ и оценка качественного состояния земель с учетом воздействия природного и антропогенного факторов

Цели, задачи и составные части мониторинга земель

Мониторинг земель разделяется на **мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.**

Задачи государственного мониторинга земель:

- 1) Своевременное выявление изменений состояния земель, оценка этих изменений, прогноз, выработка рекомендаций по предупреждению и устранению негативных процессов
- 2) Информационное обеспечение ведения кадастра недвижимости, государственного земельного контроля за использованием и охраной земель.
- 3) Обеспечение граждан информацией о состоянии земель

Целью мониторинга земель является получение информации о фактическом использовании земель и их состоянии в соответствии с установленной системой показателей, обеспечивающей возможность:

- 1) Контролировать использование земель, подвергшихся загрязнению и оценивать результаты рекультивации загрязненных земель.
- 2) Реализация целевого назначения и разрешенного использования земель
- 3) Выявления земель, потенциально пригодных для сельского хозяйства
- 4) Определение эффективного использования земель
- 5) Определение налогооблагаемой, залоговой, и кадастровой стоимости земель

Своевременное выявление изменений уровней контролируемых показателей мониторинга земель позволяет на определенных территориях принимать экстренные меры по устранению негативных явлений и процессов, создается возможность заблаговременно информировать по необходимости применения мер о предупреждении негативных процессов при воздействии на землю.

В чем принципиальное отличие почвенного экологического мониторинга и мониторинга земель?

Содержание мониторинга земель составляют наблюдения, изыскания, исследования и съемки, характеризующие следующие процессы (содержание мониторинга земель):

1) Измерение границ и площадей

- a. Административно-территориальных образований
- b. Землепользований и землевладений
- c. Полей, участков, угодий

2) Изменение состояния почв

- a. Развитие процессов водной и ветровой эрозии
- b. Опустынивание
- c. Деградация почв на пастбищах
- d. Засолонение
- e. Заращение и закустаривание пашни
- f. Изменение запасов гумуса
- g. Изменение pH почвы
- h. Изменение содержания микроэлементов в почве
- i. Загрязнение почв пестицидами, тяжелыми металлами, отдельными химическими элементами
- j. Загрязнение почвы радиоактивными элементами
- k. Изменение микробиологического состояния почв

3) Изменение состояния геологической среды, рельефа

- a. Изменение форм рельефа местности, вызванное подвижными песками, оползнями, землетрясениями, селевыми потоками
- b. Изменение водного баланса и режима подземных вод
- c. Изменение береговых линий, морей, озер и т.д.
- d. Затопление и осушение примыкающих к акватории земель

4) Изменение состояния растительности (проводится по)

- a. Фитопатологическим очагам, биомассе
- b. По состоянию лесных площадей

5) Изменение состояния земель, подвергшихся воздействию производственных объектов

- a. Очистные сооружения на различных предприятиях
- b. Транспорт
- c. Населенные пункты

Оценка состояния земель выполняется путем анализа ряда последовательных наблюдений, направленности и интенсивности изменений и сравнений полученных показателей с нормативами.

Методы получения информации при осуществлении мониторинга могут быть:

- 1) сеть наблюдательных постов и полигонов;
- 2) дистанционное зондирование;

- 3) наземные съемки, наблюдения и исследования;
- 4) имеющийся фонд данных.

Съемки, наблюдения и обследования для целей мониторинга земель могут быть **базовыми, периодическими и оперативными.**

Основные негативные процессы использования земель

Процессы, оказывающие снижающее влияние на качественные характеристики земель делят на два вида:

- 1) **природные** (стихийные)[наводнения, землетрясения];
- 2) **техногенные** [антропогенное воздействие].

Примеры процессов:

1) **Переуплотнение** почв наиболее распространено на полях и пастбищах, наиболее склонны к уплотнению почвы с небольшим количеством гумуса и имеющие в составе глину. Увеличение плотности приводит к снижению продуктивности полей и пастбищ

2) **Переувлажнение** часто сопутствует переуплотнению почвы, а так же обратный процесс переувлажнения приводит к переуплотнению. Избыток воды в почве приводит к отсутствию или уменьшению содержания кислорода в почве, появлению в почве различного рода токсичных микроорганизмов, что приводит к снижению плодородия.

3) **Эрозия** – разрушение и перенос верхних плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (дефляция) или потоками воды (водная эрозия). Основным природным фактором, влияющим на ветровую эрозию, является климат. Это связано с циркуляцией атмосферы, режимом ветров, количеством осадков и температурой, которые в совокупности определяют степень засушенности климата.

Дегумификация почв. Уничтожение естественной растительности и распашка целинных земель ведет к резкому изменению круговорота веществ и гидротермического режима в почвах. Это приводит к изменению биогеохимического цикла углерода, что приводит к уменьшению запаса гумуса в почве.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами. Тяжелыми металлами называются элементы с атомной массой больше 50 А.Е.. Тяжелые металлы поливалентны, хорошо сорбируются почвой и образуют с имеющимися в пахотном слое фосфатами и гидроксидами плохо растворимые соединения, что приводит к их накоплению в почве. По степени опасности тяжелые металлы делят на 3 группы:

- а. Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор
- б. Бор, кобальт, никель, молибден, сурьма, хром
- с. Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций

Загрязнение почв пестицидами. Негативное последствие использования пестицидов заключается в том, что они обладают кумулятивным эффектом.

Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами. Последствия загрязнения ландшафта нефтью и нефтепродуктами зависит от свойств нефти и ландшафта. Важной характеристикой нефти является соотношение легких и тяжелых фракций. Легкие фракции обладают повышенной токсичностью для обитателей почвы, но действие их кратковременно. Тяжелые фракции малоподвижны и могут создавать устойчивые очаги загрязнения. Нефть закупоривает каналы и поры почвы, нарушая воздухо- и влагообмен. Самоочищение почвы от нефти зависит от климатических условий (осадки и температура) и свойств почвы (запасы гумуса, РН, гранулометрический состав)

Радиоактивное загрязнение почвы. Распространенные в настоящее время в окружающей среде изотопы – искусственные. Естественной радиоактивностью обладают уран и торий, встречающиеся в составе руд и минералов.

За счет почвенных микробиологических процессов осуществляется разложение растительных и животных останков, образующиеся вещества взаимодействуют с минеральными компонентами почвы и придают ей все ее специфические свойства. Почвенные микроорганизмы играют важную роль для всех химических характеристик почвы.

Реакция микроорганизмов на изменение характеристик почвы зависит от множества факторов:

- 1) от вида воздействия;
- 2) от интенсивности и режима воздействия;
- 3) от вида микроорганизмов;
- 4) от свойств почвы.

Особенностью микроорганизмов является то, что они способствуют изменению формы нахождения многих загрязняющих веществ в почве (например, метан). Микроорганизмы различаются по их устойчивости загрязняющим веществам, у многих микроорганизмов наблюдается снижение уровня развития. Во всех случаях выбывают виды, чувствительные к загрязнению.

Загрязнения почвы можно классифицировать:

1) *Мусором, выбросами, отвалами, отстойными породами.* В группу входят различные по характеру загрязнения смешанного характера, включающие как твердые, так и жидкие вещества, не слишком вредные для организма человека, но засоряющие поверхность почвы, затрудняющие рост растений на этой площади.

2) *Тяжёлыми металлами.* Данный вид загрязнений уже представляет значительную опасность для человека и других животных организмов, так как тяжёлые металлы нередко обладают высокой токсичностью и способностью к накоплению в организме. Наиболее распространённое автомобильное топливо – бензин – содержит очень ядовитое соединение – тетраэтилсвинец, содержащее тяжёлый металл свинец, который попадает в почву. Из других тяжёлых металлов, соединения которых загрязняют почву, можно назвать Cd (кадмий), Cu (медь), Cr (хром), Ni (никель), Co (кобальт), Hg (ртуть), As (мышьяк – проявляет металлические токсические свойства), Mn (марганец).

3) *Пестицидами.* Эти химические вещества в настоящее время широко используются в качестве средств борьбы с вредителями культурных растений и поэтому могут находиться в почве в значительных количествах. По своей опасности для животных и человека они приближаются к предыдущей группе. Именно по этой причине был запрещён для использования препарат ДДТ (дихлордифенил-трихлорметилметан), который является не только высокотоксичным соединением, но, также, он обладает значительной химической стойкостью, не разлагается в течение десятков лет. Следы ДДТ были обнаружены исследователями даже в Антарктиде.

Пестициды губительно действуют на почвенную микрофлору: бактерии, антиномицеты, грибы, водоросли.

4) *Микотоксинами.* Данные явления не являются антропогенными, потому что они выделяются некоторыми грибами, однако, по своей вредности для организма они стоят в одном ряду с перечисленными загрязнителями почвы.

5) *Радиоактивными веществами.* Радиоактивные соединения стоят несколько обособленно по своей опасности, прежде всего потому, что по своим химическим свойствам они практически не отличаются от аналогичных не радиоактивных элементов и легко проникают во все живые организмы, встраиваясь в пищевые цепочки.

В СССР существовал лишь один норматив, определяющий допустимый уровень загрязнения почвы химическими веществами – ПДК для пахотного слоя почвы. В России в 2003 году введены новые нормы и правила СанПин 2.1.7.1287-03 (санитарно-эпидемиологические требования к качеству почв). Этот документ содержит список нормативов ПДК для почв с/х назначения, а для жилых зон он содержит перечень объектов наблюдения и основные показатели оценки состояния почвы населенной местности.

В 1999 году были введены методические указания по гигиенической оценке качества почв населенных мест. Основные понятия, касающиеся химического загрязнения почв установлены ГОСТ-ом «Почва. Понятия и определения».

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируются на 4-х основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

1) **транслокационный**, характеризующий переход веществ из почвы в растения;

2) **миграционно-водный**, характеризующий переход вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;

3) **миграционно-воздушный**, переход вещества из почвы в атмосферу;

4) **общесанитарный**, характеризует влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При загрязнении почвы многими веществами оценка степени опасности загрязнения допускается по наиболее токсичному веществу с максимальным содержанием.

Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами проводится по следующей закономерности:

1) Опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание

$$k_0 = \frac{c}{\text{ПДК}}$$

вещества в почве выше его ПДК:

2) Опасность загрязнения тем больше, чем меньше буферная способность почвы (содержание гумус, гранулометрический состав, кислотность).

Перечень показателей химического и биологического загрязнения почв определяют из:

- 1) Цели и задачи исследования
- 2) Характер землепользования
- 3) Специфика источника загрязнения
- 4) Приоритетность компонентов загрязнения в соответствии с ПДК и классом опасности

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК), или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве.

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества	Сильное	Слабая	Слабая
От двух фоновых значений до ПДК	Очень сильное	Сильное	Среднее
От ПДК до K_{\max}	Очень сильное	Очень сильное	Сильное
> K_{\max}			

Принципы отбора и критерии оценки степени загрязнения почв при проведении мониторинговых работ

Характер анализа	Частота отбора проб	Размер площадки	Глубина отбора проб
Санитарно-химический	Не менее раза в год	25 м ²	0-5 см 5-20 см послойно
Бактериологический	Не менее раза в год	25 м ²	0-5 см 5-20 см послойно
Гельминтологический	2-3 раза в год	25 м ²	0-5 см 5-10 см послойно
Энтомологический	Не менее 2 раз в год	0.2 * 2 м	10 см

8.6 Программы почвенного мониторинга

Многообразие природных условий и факторов антропогенного воздействия на почву, а так же сложность почвенных структур определяет необходимость разработки различных программ мониторинга.

Начальный этап (первая форма) мониторинга позволяет оценить состояние почв и почвенного покрова, масштабы воздействия антропогенных факторов и интенсивность развития негативных процессов и выбрать объекты для последующих исследований.

Стационарная форма мониторинга (вторая форма) реализуется по расширенной программе исследования почв, ее процессов, параметров и режимов. При длительных и комплексных наблюдениях стационарный участок включает группу достаточно больших по размерам площадок, которые охватывают все виды почв, различающихся по степени проявления тех или иных процессов.

Третья форма мониторинга проводится по сокращенной программе в процессе маршрутных обследований заранее выбранных участков. При этом наибольшее внимание уделяют наиболее значимым диагностическим показателям, наиболее динамично изменяющимся во времени. Периодичность маршрутных исследований составляет от 1 до 3-х раз в год. В случае выявления негативных процессов составляют специальные карты и картосхемы.

Четвертая форма мониторинга заключается в сплошном обследовании территории. Итоговыми материалами этой формы являются картографические характеристики и картограммы обследований. Для достижения объективности наблюдения и оценок состояния и изменения почв такие обследования целесообразно проводить раз в 10-15 лет.

Контролируемые показатели в ходе обследований объединяют в три группы:

1) Группа показателей ранней диагностики развития негативных процессов почв и почвенного покрова. Она включает в себя показатели по изменению кислотно-щелочных условий, плотности и фильтрации почв, минерализации почвенного раствора и грунтовых вод.

2) Группа охватывает показатели, охватывающие более устойчивые изменения почв, в том числе количество и качество гумуса, изменение структурности почвенного покрова, динамику тяжелых металлов.

3) Группу составляют показатели глубоких и устойчивы изменений свойств почв: соотношение фракций гранулометрического состава, изменение мощности почвенного горизонта, изменение минералогического и химического состава почв.

Наблюдение за показателями первой группы проводится несколько раз в год, второй группы – один раз в 2-5 лет, третьей группы – 1 раз в 50 лет.

Допустимые загрязнения почв в зависимости от хозяйственного использования территории и схема оценки почв сельскохозяйственного использования.

Классификация участков обследуемой территории по хозяйственному использованию и требования к уровню загрязнения почв

Категория	Использование	Требования	Картирование
I	Приусадебные хозяйства, огороды, прибрежные территории, детские и лечебные учреждения	Высокие	1 : 200 1 : 10 000
II	Сельскохозяйственные угодья, зоны рекреации	Повышенные	1 : 10 000 1 : 50 000
III	Леса, крупные промышленные объекты, зоны промышленной застройки	Умеренные	1 : 50 000 1 : 100 000

Схема оценки почв сельскохозяйственного назначения, загрязненных химическими веществами

Категория загрязнения	Характеристика загрязнения	Возможное использование
Допустимая	Содержание вещества в почве превышает фоновое значение, но ниже ПДК	Использование без ограничений под любые культуры
Умеренно-опасная	Содержание химических веществ превышает ПДК при лимитирующих общесанитарных воздушных, водных, миграционных показателях, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности	Использование под любые культуры при условии контроля продукции
Высоко-опасная	Содержание веществ превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры
Чрезвычайно опасная	Содержание вредного вещества выше ПДК по всем показателям вредности	Исключается из с\х использования, используется в качестве лесозащитных полос

8.7 Мониторинг состояния недр

ГМСН представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления и обработки информации, анализа и оценки на ее основе состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием природных факторов, недропользования и других видов хозяйственного воздействия.

ГМСН осуществляется в соответствии со статьей 36 ФЗ «О недрах» и является составной частью государственного мониторинга окружающей среды.

Основными задачами ГМСН являются:

- 1) регулярное наблюдение за состоянием недр в естественных условиях и в районах различного технического воздействия на геологическую среду;
- 2) сбор, обработка, хранение и анализ данных о недрах, полученных в результате наблюдений;
- 3) оценка, прогноз состояния недр, в том числе опасных геологических процессов и явлений под влиянием природных и техногенных факторов;
- 4) разработка предложений по предотвращению или снижению возможного отрицательного воздействия опасных геологических процессов на население, окружающую среду, объекты жизнедеятельности и экономику.

Мониторинг состояния недр включает в себя следующие подсистемы:

- 1) подсистема мониторинга подземных вод;
- 2) подсистема мониторинга опасных экзогенных процессов;
- 3) подсистема мониторинга опасных эндогенных геологических процессов.

Информационной основой ГМСН являются:

- 1) данные наблюдений опорной наблюдательной сети (пункты наблюдений, скважины, полигоны, участки);
- 2) данные мониторинга геологической среды на объектах недропользования;
- 3) сведения, полученные в результате проведения геолого-разведочных и горнодобывающих работ.

8.8 Исследование почвы

Почвенный покров представляет систему менее динамичную и более буферную, чем атмосферный воздух или водоемы, поэтому методы исследования его существенно отличаются от методов анализа других природных систем. Одна из особенностей почвы состоит в том, что она накапливает информацию о происходящих процессах и изменениях и поэтому может служить своеобразным свидетелем не только сиюминутного, мгновенного состояния среды, но и отражать прошлые процессы. Кроме того, когда мы говорим о почвенном мониторинге, то должны ясно представлять ее особую роль в биосфере. Почвенный покров практически незаменим, его восстановление в естественной природной среде требует сотни лет, а искусственное возобновление стоит очень дорого.

Вместе с тем тонкая почвенная оболочка Земли, геомембрана или геодерма выполняет ряд важнейших экологических функций, влияя на качество и атмосферного воздуха, и надземных и подземных вод. Поэтому почвенный

мониторинг имеет более общий характер и открывает больше возможностей для решения прогностических задач.

Почвы и почвенный покров Земли выполняют, по крайней мере, семь важнейших глобальных и экологических функций:

1) функция жизни на земле, которая обусловлена тем, что почва аккумулирует в доступных формах элементы питания, запасы воды, создает оптимальные условия для укоренения растения, обитания микроорганизмов, позвоночных и беспозвоночных животных;

2) обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговорота веществ. Сущность этой функции состоит в том, что биогеохимические циклы практически всех элементов, особенно биофилов, и циклы воды в биосфере осуществляются через почву, которая выступает и как регулирующий механизм этих потоков, и как аккумулятор элементов и веществ на поверхности Земли;

3) регулирование состава атмосферы и природных вод. Почва поставляет в атмосферу путем эмиссии многие газы: диоксид углерода, различные оксиды азота и др. Почва способна поглощать из атмосферы многие газы. Как было сказано, при сухой погоде почва может непосредственно адсорбировать до 40-60% всего количества SO_2 , поступающего в почву из атмосферы. Вместе с тем почвы задерживают миграцию тяжелых металлов, нитратов, пестицидов, других органических поллютантов и подземные воды, воды источников и ручьев, предохраняя их тем самым от загрязнения. Задерживаются в почве и крупные механические примеси. Такое протекторное действие почвенного покрова обусловлено поглонительной способностью почв;

4) регулирование интенсивности биосферных процессов, в частности плотности и продуктивности населяющих поверхность почвы организмов;

5) накопление на земной поверхности органического вещества - гумуса и связанной с ним энергии;

6) защита литосферы от излишне интенсивного воздействия экзогенных факторов, вызывающих разрушение горных пород; благодаря этому обеспечиваются нормальные темпы геологической денудации суши, предупреждается (приостанавливается) слишком быстрый вынос продуктов выветривания горных пород в мировой океан;

7) почва – незаменимый природный ресурс, поскольку именно почва посредством живых организмов обеспечивает человека продовольствием, топливом, строительными материалами, сырьем для многих видов промышленности.

Учитывая все эти многообразные функции, приходится говорить не только о почвенно-экологическом или почвенно-химическом мониторинге, но и специально разрабатывать основы экологического почвенного мониторинга. К сожалению, до сих пор нет согласованных программ всех видов мониторинга.

В основе почвенного мониторинга в целом должны лежать следующие основные принципы:

1) разработка методов контроля за наиболее уязвимыми свойствами почв, изменение которых может вызвать потерю плодородия, ухудшение качества растительной продукции, деградацию почвенного покрова;

- 2) постоянный контроль за важнейшими показателями почвенного плодородия;
- 3) ранняя диагностика негативных изменений почвенных свойств;
- 4) разработка методов контроля за сезонной динамикой почвенных процессов с целью прогноза ожидаемых урожаев и оперативного регулирования развития сельскохозяйственных культур, изменением свойств почв при длительных антропогенных нагрузках.

Наиболее уязвимых свойств почв и особо опасных процессов немного, некоторые из них проявляются только в конкретных почвенно-климатических зонах. Общими для многих почв является потеря гумуса, увеличение кислотности или щелочности, неблагоприятные изменения состава обменных катионов, эрозия и дефляция, загрязнение почв пестицидами, детергентами и другими органическими соединениями, угнетение почвенной биоты.

Меньшее значение имеет засоление и осолонцевание, проявляющееся в степных и аридных условиях, загрязнение нефтепродуктами в районах нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих предприятий.

Потеря гумуса и изменение его качественного состава проявляются практически во всех почвах любых природных зон. Эти процессы вызваны интенсивной обработкой, недостаточным количеством вносимых органических удобрений, эрозией. По некоторым данным, за последние 100 лет многие почвы, в том числе наиболее гумусированные: черноземы, потеряли 30-50% исходного содержания гумуса. Опасно возрастание кислотности почв, характерное для северных гумидных регионов и некоторых почв влажных субтропических и тропических регионов. Оно вызвано недостаточно обоснованным или неправильным применением минеральных удобрений без предшествующего известкования, а в некоторых случаях выпадением кислых осадков.

Так же опасно увеличение щелочности, выявленное в семиаридных и аридных областях при избыточном орошении, повышении уровня грунтовых вод. Повышению щелочности обычно сопутствует изменение состава обменных катионов, увеличение доли ионов натрия в почвенном поглощающем комплексе и в конечном итоге развитие солонцеватости. С неумеренным орошением без дренажа и подъемом уровня почвенно-грунтовых вод связано также усиление степени засоления орошаемых почв степных и сухостепных областей. Эрозия и дефляция развиты практически повсеместно, но проявляются в разных степенях. Контроль за этими явлениями необходим, прежде всего, для того, чтобы своевременно предупредить недопустимые потери почвенной массы. Загрязнение нефтепродуктами, буровыми растворами проявляется локально, но чрезвычайно опасно, поскольку при высоких уровнях загрязнения почва превращается в бесплодную асфальтоподобную массу.

Все перечисленные показатели и свойства должны входить в задачи агроэкологического мониторинга, поскольку от них зависят уровни урожаев и качество получаемых продуктов. Сюда же входит и контроль за содержанием в почве тяжелых металлов, фторидов и других токсичных компонентов.

При почвенном мониторинге, в отличие от мониторинга атмосферы и гидросферы, особенно важным становится ранняя диагностика неблагоприятных изменений свойств почвы. Почвы обладают довольно высокой буферностью по

отношению к различным экзогенным нагрузкам, в том числе они сопротивляются изменению реакции среды, изменению содержания доступных растениям элементов питания и токсичных компонентов, окислительно-восстановительного потенциала, емкости поглощения и пр. Поэтому при возникновении негативных процессов изменения свойств почв выявляются не сразу, а лишь тогда, когда ухудшение показателей зашло уже слишком далеко. Так, при постепенном подъеме уровня засоленных почвенно-грунтовых вод постепенно нарастает и степень засоления почв, но на урожай и качество сельскохозяйственной продукции это начинает сказываться только тогда, когда степень засоления превысила опасный предельный уровень. Одновременно могут возрасти щелочность, степень солонцеватости почв, угнетение почвенной биоты. Восстановление благоприятных свойств почвы в этом случае потребует уже больших затрат и материальных ресурсов.

В то же время возможна ранняя диагностика засоления почв по электрической проводимости почвенного раствора, осолонцевания – по значению рН и активности ионов натрия, загрязнения тяжелыми металлами – по показателям ферментативной активности почвы.

8.9 Контролируемые показатели и методы почвенно-химического мониторинга

Как уже отмечалось, цели и задачи мониторинга не включают ни вопросы исследовательской работы, ни вмешательства в протекающие природные процессы. *Система мониторинга* – это система наблюдений, получения информации за состоянием природной среды. Отсюда непосредственно следует, что выбираемые для мониторинга показатели должны быть, по возможности, просты, а методы доступны, в том числе для сравнительно небольших лабораторий, не располагающих дорогостоящим оборудованием. Кроме того, необходимо отметить, что при контроле воздуха или вод основное внимание обращается на вредные или токсичные примеси, то при почвенном мониторинге приходится контролировать многие параметры, характеризующие систему в целом, выявлять признаки, указывающие на возникновение неблагоприятных тенденций или снижение почвенного плодородия. Рассмотрим конкретные важнейшие показатели почвенного мониторинга.

Кислотно-основные свойства. Важнейший и, как правило, достаточный для характеристики почв показатель – это значение рН в водных или солевых вытяжках. Величина рН свидетельствует только о степени кислотности или щелочности почв, но из-за достаточно высокой буферности почв она не позволяет количественно оценить кислотность или щелочность. Возможны случаи, когда содержание кислотных компонентов в почве нарастает, но рН практически не изменяется. Тогда кроме рН целесообразно определять так называемую потенциальную кислотность, количество которой находят путем титрования щелочью вытяжек из почв, приготовленных на 1.0 М растворе КСl. В агрохимических лабораториях обычно ограничиваются определением рН таких вытяжек, что в известной мере позволяет судить об уровне потенциальной кислотности почвы.

Для определения рН водных вытяжек используют стеклянные электроды. Навеску воздушно-сухой почвы массой 10 г, пропущенной через сито с отверстиями в 1 мм, помещают в плоскодонную колбу, приливают 25 мл

дистиллированной воды (рН 6.0-6.5), взбалтывают в течение 1 ч. В приготовленную суспензию погружают комбинированный электрод или простой Н-электрод и электрод сравнения (каломельный или хлорсеребряный) и измеряют ЭДС с помощью любого подходящего рН-метра, ионометра или потенциометра. Затем по градуировочному графику, предварительно построенному с помощью стандартных буферных растворов, находят значение рН. На рН-метрах имеется непосредственно шкала рН, настройку которой осуществляют также по стандартным растворам.

Промышленность выпускает стандартные лабораторные рН-метры и переносные – полевые, портативные приборы, удобные для осуществления контроля непосредственно в природной обстановке.

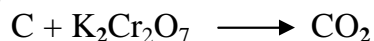
Оптимальный диапазон рН для растений – примерно от 5.0-5.5 до 7.0-7.5. Если кислотность увеличивается, прибегают к известкованию почв; при рН более 7.5- 8.0 используют химические средства для снижения рН. Возможно прямое кислотообразование серной кислотой, чаще используемое на содовых солонцах-солончаках, внесение гипса, сульфатов железа.

Аналогично получают солевые вытяжки, используя вместо дистиллированной воды 1.0 М раствор КСl. Все остальные операции идентичны. Величины рН следует контролировать 2-3 раза в год, поскольку нежелательные сдвиги могут проявляться только в один из сезонов.

Динамика содержания гумуса. В настоящее время контроль за содержанием гумуса входит в число первоочередных задач, поскольку изменение количества органического вещества в почве не только прямо связано с изменениями всех почвенных свойств и их плодородия, но отражает влияние внешних негативных процессов, вызывающих деградацию почв.

Для определения содержания гумуса в почве чаще всего используют метод Тюрина - по окисляемости органического вещества. Принцип метода заключается в следующем. К навеске почвы приливают раствор $K_2Cr_2O_7$ в серной кислоте и кипятят ровно 5 минут (в некоторых модификациях метода реакцию проводят при комнатной температуре в течение суток). При этом органические вещества, входящие в состав гумуса, окисляются до CO_2 и H_2O ; для обеспечения полноты окисления используют в качестве катализатора Ag_2SO_4 . По количеству израсходованного окислителя рассчитывают содержание в почве гумуса.

Применение этого метода стало возможным потому, что элементный состав почвенного гумуса представлен преимущественно С, Н, О, N, но содержание азота мало (около 5% от количества гумуса) и его практически не принимают во внимание. Соотношение Н и О в гумусе почти такое же, как в воде, т.е. атомное соотношение Н:О = 2:1; иными словами, окислитель не расходуется на окисление Н до воды. С некоторым приближением считают, что весь окислитель расходуется только на окисление углерода:



При этом Cr^{6+} восстанавливается до Cr^{3+} . Количество израсходованного окислителя находят либо путем обратного титрования солью Мора, либо спектрофотометрически, определяя содержание образовавшегося Cr^{3+} в пробе по интенсивности довольно сильной полосы поглощения при 580 нм.

Недостаток этого метода заключается в том, что реально определяется не

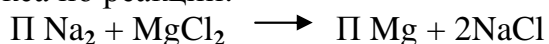
содержание углерода, а окисляемость почвы, поэтому метод неприменим для анализа оглеенных и заболоченных почв. Кроме того, результаты наблюдений обусловлены не только изменением количества гумуса в почве, но и степенью его окисленности. При вспашке и длительном сельскохозяйственном использовании органическое вещество почвы дополнительно окисляется, отношение Н:О становится меньше, чем 2:1, и на окисление гумуса расходуется уже меньшее количество дихромата. Создается впечатление потерь гумуса, хотя на самом деле возрастает степень его окисленности. Тем не менее, этот метод широко используется в силу его простоты и доступности.

В последнее десятилетие стали применяться анализаторы углерода, в которых производится сухое сжигание органического вещества в токе кислорода с последующим определением количества выделившегося CO_2 . Этот метод быстр, дает истинное представление о содержании углерода, но не всегда обеспечивает полное сжигание гумуса (это зависит от используемой в анализаторе температуры, продолжительности сжигания и состава газовой смеси); мешающее влияние могут оказать почвенные карбонаты. Анализаторы углерода и комбинированные анализаторы, позволяющие определять углерод, водород и азот, несомненно, перспективны, хотя пока еще дороги и доступны далеко не всем лабораториям.

Для контроля за качественной характеристикой почвенного гумуса целесообразно определять содержание водорастворимых органических веществ, формирующих в значительной мере запас лабильных элементов питания и являющихся показателем доступности гумусовых веществ микроорганизмам.

Вторичное засоление почв. Вторичное, точнее – антропогенное засоление почв проявляется при недостаточно научно обоснованном орошении, строительстве каналов и водохранилищ, при развеивании солевых аккумуляций и др. Химически оно проявляется в увеличении содержания в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей – это NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 . Наиболее простой и быстрый метод обнаружения засоления основан на измерении электрической проводимости. Применяют определение электрической проводимости почвенных суспензий, паст насыщения, водных вытяжек, почвенных растворов и непосредственно почв. Быстро и достаточно точно можно контролировать этот процесс путем определения удельной электрической проводимости водных суспензий с помощью специальных солемеров.

Осолонцевание почв. Химическим признаком осолонцевания обычно служит увеличение содержания в почвах обменного натрия. Для определения его содержания навеску почвы заливают 1 М раствором MgCl_2 , взбалтывают в течение 1 ч и затем определяют количество натрия, вытесненного из почвенного поглощающего комплекса по реакции:



где П - символ почвенного поглощающего комплекса; коэффициенты уравнения в известной степени условны, поскольку основность П практически не может быть определена.

Общее количество вытесненного Na^+ может быть определено ионометрически или на пламенном фотометре. Для ионометрического определения используют выпускаемые промышленностью Na-стеклянные электроды. В ходе анализа

непосредственно в суспензию погружают индикаторный стеклянный электрод и электрод сравнения; затем измеряют на потенциометре (ионометре) возникшую ЭДС и по градуировочному графику находят количество натрия. Градуировочный график строят по стандартным растворам, содержащим 1 М MgCl и переменные количества NaCl.

Для фотометрического определения Na⁺ полученную суспензию фильтруют или центрифугируют, с тем, чтобы получить прозрачный раствор, а затем вводят последний в пламя горелки. Градуировочный график строят так же, как и при ионометрическом определении.

Угнетение почвенной биоты. Этот важный показатель, пригодный в том числе и для ранней диагностики негативных процессов в почве, находят, как правило, по косвенным признакам. Сравнительно простой прием, позволяющий оценить суммарную активность почвенных организмов, разлагающих органическое вещество и выделяющих диоксид углерода, состоит в определении так называемого дыхания почвы, или эмиссии почвой CO₂. В полевых условиях на поверхность почвы устанавливают специальные камеры (предложен ряд систем), которые улавливают выделяющийся CO₂, например, путем его поглощения раствором щелочи; затем количество поглощенного CO₂ можно измерить титрованием, по электрической проводимости. Разработаны методы определения CO₂ в газовой фазе по поглощению энергии электромагнитных колебаний в инфракрасной области. В этом случае CO₂ не фиксируется раствором щелочи, а непосредственно почвенный воздух прокачивают через кювету инфракрасного спектрометра и по интенсивности полосы поглощения CO₂ оценивают его содержание в воздухе. Дыхание почвы - хороший показатель, но надо помнить, что эмиссия CO₂ весьма динамична и меняется не только по сезонам года, но и в течение суток (суточная динамика), а также с изменением погодных условий.

Предложены также приемы оценки деятельности почвенных микроорганизмов по уровню азотфиксации, нитрификации. Однако среди других методов более привлекательны методы определения ферментативной активности почвы. Общий характер имеет величина каталитической активности, используют также полифенолоксидазную и дегидрогеназную активность. Комплекс надежных и достаточно простых методов определения различных видов ферментативной активности почв разработан Хазиевым, Галстяном и Абрамян.

Фитотоксичность почвы. Необходимость определения этого показателя особенно часто возникает при мониторинге химически загрязненных почв или при оценке возможности использования в качестве мелиорантов или удобрений различного рода отходов: осадков сточных вод, различного рода компостов, гидролизного лигнина.

Для выяснения относительной фитотоксичности используют метод рулонной культуры, выращивая проростки тест-растений на рулоне фильтровальной бумаги из семян, замоченных в растворе с различными концентрациями тяжелых металлов.

Для определения фитотоксичности используют метод определения депрессии гуттации или выделения влаги кончиками листьев растений при опережающем росте корней по сравнению с листьями.

Метод определения фитотоксичности основан на торможении ростовых процессов в условиях избыточного содержания тяжелых металлов и снижении гуттации.

Фитотоксичность ионов можно также определять по формуле Удовенко:

$$K_T = [(P_k - P_o) \cdot c_k] : (P_k \cdot c_o),$$

где: K_T – коэффициент токсичности;
 P_k – сухая масса растений на контроле;
 P_o – то же, в присутствии токсиканта;
 c_k – содержание иона в сухой массе на контроле;
 c_o – то же, в варианте с токсичным элементом.

Просты и удобны экспериментальные методы определения фитотоксичности: метод проростков и метод угнетения микробных популяций по Красильникову.

Определение фитотоксичности методом проростков

Принцип метода. Метод основан на реакции тест-культур при внесении в почву удобрений, мелиорантов, загрязняющих веществ и т.п. По сути дела метод позволяет выявлять токсичное (ингибирующее действие тех или иных веществ), и стимулирующее влияние, активирующее развитие тест-культур. Семена тест-культур высеваются в вегетационные сосуды или лабораторные стаканы, заполненные почвой с добавками изучаемых веществ, или загрязненной и незагрязненной почвой. В ходе опыта фиксируют всхожесть, энергию прорастания, длину надземной и корневой систем, массу сухого вещества надземной и подземной части.

Выбор тест-культур. Желательно иметь быстро прорастающие культуры, которые обычно выращиваются в хозяйствах изучаемого региона. Так, для изучения дерново-подзолистой почвы нередко используют овес как представитель злаковых несимбиотрофных растений и горох – представитель бобовых, способных к азотфиксации. Для степных почв могут быть пшеница, люцерна, бобы, фасоль. Важно, чтобы были использованы одновременно азотфиксирующие и не фиксирующие азот растения.

Условия опыта. Опыт проводится на световых стеллажах или в вегетационных домиках при поддержании постоянной влажности почвы. Принята влажность, равная 70% от полной влагоемкости (ПВ). С этой целью для изучаемых почв или смесей предварительно определяют влагоемкость стандартным методом, используя одинаковую подготовку проб (измельчение, растирание, перемешивание и пр.). Затем в начале опыта почву увлажняют расчетным объемом воды так, чтобы влажность была 70% ПВ. В ходе опыта влажность поддерживают постоянно, для чего сосуды взвешивают после первого увлажнения немедленно, а затем периодически повторяют взвешивание и потерю массы за счет эвакотранспирации компенсируют добавлением в сосуды недостающей воды.

Ход анализа. Возможны три варианта опытов. В первом варианте к почве добавляют исследуемое на фитотоксичность вещество. Это могут быть буровой раствор, мелиорант (фосфогипс и др.), лигнинный компост, осадки сточных вод. Добавленные дозы должны превышать в максимальных вариантах намечаемые для

внесения в реальных условиях. Второй вариант: просто сравниваются две почвы или более, попарно – незагрязненная и загрязненная. Третий вариант: загрязненная почва добавляется к незагрязненной в возрастающих количествах (вплоть до 100%). Все опыты ставят не менее чем в трехкратной повторности. Смеси (если они используются) тщательно перемешиваются.

В стеклянные стаканы помещают по 100 г субстрата (смеси или почвы), субстрат увлажняют до 70% от ПВ (и такую влажность поддерживают в течение всего опыта) и в каждый сосуд высевают по 13 семян тест-культуры. На 4-е сутки стаканы помещают на световой стеллаж с освещением в течение 14 ч в сутки (с 6 до 20 ч). В этих условиях тест-культуры выращиваются в течение двух недель.

В процессе опыта ведут наблюдения по следующим показателям: записывают время появления всходов и их число на каждые сутки; оценивают общую всхожесть (к концу опыта); измеряют регулярно длину надземной массы (высоту растений); по окончании опыта растения осторожно отделяют от земли, просушивают, стряхивают остатки почвы и измеряют окончательную длину надземной части растений, длину корней; затем высушивают растения на воздухе и отдельно взвешивают надземные части и корни (все результаты рассчитывают на сосуд, можно указывать "всего", можно сделать пересчет на одно растение).

Фитотоксичный эффект может быть рассчитан по разным показателям. Если, например, опираться на массу растений, то фитотоксический эффект ФЭ (%) рассчитывают по формуле:

$$\text{ФЭ} = [(M_0 - M_x) \cdot 100\%] / M_0$$

где: M_0 – масса контрольного растения (или всех растений на сосуд);

M_x – масса растений (растений, выращенных на предположительно фитотоксичной среде).

Сопоставление этих данных позволяет выявить факт фитотоксичности или стимулирующего действия. Следует также обратить внимание на окраску растений (раннее пожелтение), характер корней, например, более короткие, но густые.

Определение фитотоксичности по азотобактеру (метод Красильникова)

Ход анализа. Свежеприготовленную агаровую среду Эшби разливают в стерильные чашки Петри и после застывания среды покрывают стерильными пластинками целлофана, которые тщательно расправляют на поверхности агара металлическим шпателем. Целлофан предварительно нарезают кружками с диаметром, равный диаметру чашки Петри, помещают в свободную чашку Петри, смачивают водой и в таком виде стерилизуют в автоклаве. На поверхность целлофана в центр чашки с агаром накладывают комочек испытуемой почвы диаметром 2 см, также увлажненной водой. Можно расположить не один, а 4-5 комочков на равном расстоянии друг от друга, тогда диаметр их будет несколько меньше, около 1 см. После наложения комочков почвы на целлофан чашки выдерживают в термостате в течение суток. Через сутки целлофан с почвой снимают с агара, а среду засевают суточной культурой.

При наличии в почве токсичных веществ на газоне азотобактера на поверхности агара образуются стерильные зоны. Количественной мерой фитотоксичности служит диаметр образующейся стерильной зоны. Аналогично можно провести анализ и с другими микроорганизмами, если этого требуют условия работы. Опыт должен проводить специалист, имеющий навык микробиологических работ.

Загрязнение почв нефтепродуктами. При контроле за загрязнением почв нефтепродуктами решаются обычно три основные задачи:

- 1) определяются масштабы (площади) загрязнения;
- 2) оценивается степень загрязнения;
- 3) выявляется наличие токсичных и канцерогенных соединений.

Первые две задачи могут решаться дистанционными методами, к которым относится аэрокосмическое измерение спектральной отражательной способности почв. По измеренным величинам спектральных коэффициентов яркости (СКЯ) удастся обнаружить территории, загрязненные нефтью, а по уровням изменения окраски почв – примерно установить степень загрязнения.

Почвы, как и любые другие природные объекты, селективно отражают электромагнитные колебания. В синей области спектра – от 400 до 500 нм отражение невелико, чаще всего от 5-10 до 15-20% интенсивности падающих на поверхность почвы световых потоков. В красной области – около 700-750 нм наблюдается максимальное отражение, которое для светло-окрашенных почв может достигать 40-60%. Значения СКЯ почв, загрязненных нефтью, резко снижаются, зависимость между величиной спектральных коэффициентов отражения $\rho\lambda$ и содержанием в почве углеводов нефти выражается уравнением

$$\rho\lambda = \rho_0 + k \cdot 10^{-\alpha[УВ]}$$

где: ρ_0 – отражение от максимально загрязненной почвы;

k и α – коэффициенты;

[УВ] – содержание углеводов нефти, %.

По изменению окраски или плотности почернения на аэрофотоснимках можно определить размеры загрязненной территории, конфигурацию площади загрязнения, а по снижению коэффициента отражения в первом приближении оценить степень загрязнения. По Бочарниковой, например, для серо-бурых почв Апшеронского полуострова установлены следующие уровни интегральных коэффициентов (СКО):

Почвы	СКО, %
Незагрязненные.....	> 27
Слабозагрязненные.....	22 - 27
Среднезагрязненные.....	14 - 22
Сильнозагрязненные.....	> 14

В лабораторных условиях степень загрязнения находят также непосредственно по количеству содержащихся в почве углеводов. Экстракцию почв, по Аммосовой, проводят гексаном в аппарате Сокстек. Затем гексан отгоняют, а количество извлеченных углеводов определяют гравиметрически. Метод точен и быстр, но установлено, что гексан, как, впрочем, и другие растворители, не

извлекает из почв полностью все углеводороды, источниками которых являются нефть и нефтепродукты.

Следует отметить, что иногда общее количество загрязняющих почвы углеводородов определяют так же, как и при определении гумуса по методу Тюрина, т. е. по окисляемости. Этот метод в данном случае нельзя считать пригодным, поскольку при окислении углеводородов дихромат расходуется как на реакцию $C \rightarrow CO_2$, так и на реакцию $H \rightarrow H_2O$, таким образом результаты получаются завышенными.

При мониторинге почв, загрязненных углеводородами, особое внимание уделяется определению полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) люминесцентными и газохроматографическими методами.

8.10 Загрязнение почв тяжелыми металлами

Как было показано в предыдущих главах, определение степени загрязнения почв тяжелыми металлами не представляется простой задачей. Главная причина заключается в том, что любые элементы в почве присутствуют в форме различных соединений, только часть которых доступна растениям. Но эти соединения могут трансформироваться и переходить из одних форм в другие. Поэтому для целей мониторинга выбирают в известной мере условно две или три важнейшие группы. Обычно определяют общее (валовое) содержание элементов, их лабильные (подвижные) формы соединений, иногда отдельно определяют обменные формы и водорастворимые соединения.

Валовое содержание тяжелых металлов определяют или методом эмиссионного спектрального анализа без предварительного разложения пробы почвы, или методами атомно-абсорбционной спектроскопии после переведения пробы почвы в раствор путем сплавления или разложения кислотами.

В случае эмиссионного спектрального анализа навеску почвы в 5-10 г растирают в агатовой ступке до состояния пудры.

Из растертой пробы берут навеску около 3 г и прокаливают ее в муфельной печи при 450-500 °С в течение 2 ч. для удаления воды и разложения органического вещества. Определяют потерю от прокаливания для пересчета результатов анализа на исходную массу почвы. В ходе анализа проба почвы сжигается в дуге переменного тока и эмиссионные спектры регистрируются на фотопластинках. Для сжигания пробы почвы ее набивают в канал (концентрическую выточку) нижнего электрода спектрографа; верхний электрод изготавливается в форме усеченного конуса с площадкой на торце диаметром около 1 мм.

Электроды устанавливаются в держатели спектрографа; в момент включения дуги (дуговые генераторы ДГ-1, ДГ-2) рекомендуется начинать сжигание при небольшой силе тока в 3-5 А, а затем повышают ее до 18-20 А и проводят сжигание в течение 2,5-3 мин до полного испарения пробы.

По окончании съемки спектров пластинку проявляют, фиксируют, промывают, высушивают и содержание элементов находят по интенсивности почернения соответствующих аналитических линий.

Для тяжелых металлов и ряда других элементов принято использовать

следующие аналитические линии (нм): Be – 234.86; B – 249.77; Sc – 335.37; Ti – 295.61; V-318.53; Cr – 301.47; Mn – 294.92; Co – 345.35; Ni- 341.47; Cu – 327.39; Zn – 334.50; Ga – 294.36; Sr – 346.44; I – 332.78; Zr – 327.92; Mo – 317.03; Sn - 317.50; Ba – 233.52; Pb – 283.30.

Атомно-абсорбционная спектрометрия используется для определения как валовых, так и подвижных соединений элементов. При валовом анализе подготовка почвы заключается в сплавлении или кислотной обработке. Разложение сплавлением проводят по Дженроу, используя в качестве плавня метаборат стронция $\text{Sr}(\text{BO}_2)_2$. Плавление получают смешением тонкоизмельченных SrCO_3 и H_3BO_3 и нагреванием в муфеле до 300°C ; затем смесь выдерживают при 700°C в течение 1 ч. Тонкоизмельченную пробу почвы массой 0.1 и 0.5 г плавня смешивают и помещают в графитовый тигель, который нагревают в высокочастотной индукционной печи при 1100°C в течение 15 мин до получения полностью прозрачного плава. Затем плав выливают в разбавленную HNO_3 (1:100), перемешивают с помощью магнитной мешалки и разбавляют до объема 200 мл. Этот раствор используют для определения элементов. Концентрацию Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg определяют в пламени оксида азота (III) - ацетилен; элементы Na, K, Mn, Cu и другие определяют в пламени ацетилен – воздух.

При кислотном разложении пробы растертой почвы прокаливают, а затем в чашках из фторопласта обрабатывают 5 мл царской водки и 15 мл 48%-ной HF , выпаривая на эбюритовой плитке. По окончании обработки сухой остаток растворяют в разбавленной HCl (1:1) и в аликвотах раствора определяют отдельные элементы.

Для определения подвижных соединений тяжелых металлов используют кислотные, солевые и водные вытяжки из почв.

Вместо сплавления или полного разложения почв для определения Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Pb, Cd используют вытяжку 1 М HCl или HNO_3 . Считается, что в сильно загрязненных почвах вытяжка 1 М HNO_3 извлекает 90-95% тяжелых металлов. Вытяжку готовят при отношении почва: раствор = 1:10, смесь настаивают сутки или взбалтывают в течение 1 ч.

Собственно подвижные, доступные растениям элементы нередко определяют в вытяжках ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4.8 при отношении почва: раствор = 1:10. Водорастворимые соединения элементов определяют в водных вытяжках из почв.

При атомно-абсорбционном определении тяжелых металлов и ряда других элементов используют следующие аналитические линии (нм): Si – 251.6; Al – 309.3; Ti – 364.3; Fe – 248.3; Ca – 422.7; Mg – 285.21; Mn – 279.5; K – 766.5; Na – 589.0; Sr – 460.7; Ba – 553.5; Cu – 324.7; Zn – 213.9; Co – 240.7; Ni – 232.0; Pb – 217.0; Cd – 228.8; As - 193.7.

Влияние химических веществ антропогенного происхождения на почвенный покров, особенно вблизи источников загрязнения (вокруг городов, промышленных и сельскохозяйственных комплексов, автомагистралей и т.д.), постоянно возрастает. В составе атмосферных выбросов, загрязняющих почву, рассматриваются макро- и микроэлементы, газы и гидрозоли, сложные органические соединения (пиридин, фенол, бензол и др.).

Негативные последствия антропогенного загрязнения почв проявляются на региональном и даже на глобальном уровне. Поэтому в настоящее время актуальна разработка программ наблюдения за химическим загрязнением почв. Цель таких программ – адекватная оценка современного состояния почв и прогноз изменений этого состояния. Такую информацию может дать система наблюдений за уровнем химического загрязнения почв, испытывающих антропогенное воздействие.

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

- регистрация современного уровня химического загрязнения почв, выявление географических закономерностей и динамики временных изменений загрязнения почв в зависимости от расположения и технологических параметров источника загрязнения;

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

- обоснование состава и характера мероприятий по регулированию возможных отрицательных последствий в результате загрязнения почв и мероприятий, направленных на коренное улучшение уже загрязненных почв;

- предоставление информации об уровне загрязнения почв заинтересованным организациям.

Исходя из вышеперечисленных задач, можно выделить следующие виды наблюдений:

- режимные (систематические) за уровнем содержания химических веществ в почвах в течение определенного промежутка времени;

- комплексные, включающие исследование процессов миграции загрязняющих веществ в системе атмосфера – почва, почва – растение, почва – вода и почва – донные отложения;

- изучение вертикальной миграции загрязняющих веществ в почвах по профилю;

- наблюдения за уровнем загрязнения почв в определенных пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

При наблюдениях за уровнем загрязнения почв необходимо получить представление не только о степени химического загрязнения почв в настоящее время, но и путях развития процессов, в частности, в период, когда будут внедряться мероприятия, направленные на уменьшение химического загрязнения почв, существенно изменяющие водный, тепловой, солевой, биологический и другие режимы почвы.

Состояние и прогноз загрязнения почв не может базироваться только на анализах проб почв. Почва – элемент ландшафта, поэтому её исследование неотделимо от изучения всех компонентов природного и антропогенного комплекса, всех путей накопления загрязняющих веществ в природных, сельских и городских условиях.

Перед осуществлением полевой программы наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в природных и сельскохозяйственных ландшафтах необходимо провести планирование работ, т.е. определить примерное количество точек отбора почв, которые дадут основной физический материал, составить схему их территориального размещения, наметить полевые маршруты или последовательность обработки площадей, установить календарные сроки исполнения задания. Помимо этого, следует проверить наличие и качество топографического материала, а также тематических карт (почвенных, геоботанических, геологических, геохимических и др.). Необходимо собрать сведения об источниках загрязнения почв на территории (расположение, используемое сырье, объем производства, отходы), а также установить связь с учреждениями, которые заинтересованы в предполагаемых обследованиях.

Наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах и на окружающей территории носят характер экспедиционных работ и поэтому включают в себя все мероприятия по подготовке к ним. Время проведения экспедиционных работ и отбора почв не имеет значения. Однако сбор материалов удобнее проводить в сухое время года, в период уборки урожая основных сельскохозяйственных культур, т.е. летом и в начале осени. При развернутых стационарных наблюдениях отбор проб производится независимо от времени экспедиционных работ. Повторные наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами ранее обследованных территорий осуществляются через 5-10 лет.

При выборе участков наблюдения на территориях, используемых сельским хозяйством, исходным рабочим документом служит топографическая основа определенного масштаба (обычно 1:10 000). Контур (схема) города (рабочего поселка) или промышленного комплекса размещаются, как правило, в центре плана местности, который переснимается с топографической основы. Из геометрического центра (город, промышленный комплекс, завод и т.д.) с помощью циркуля наносятся окружности на расстояниях 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км, которые обозначают зоны возможного загрязнения почв тяжелыми металлами. Протяженность зоны загрязнения почв определяется скоростью и частотой ветров данного румба (розой ветров), характером выбросов в атмосферу (плотностью вещества, дисперсностью частиц), высотой труб, рельефом территории, растительностью и т.д. Значительное количество тонкодисперсных аэрозолей и газов, содержащих тяжелые металлы, остается в атмосфере, переносится на большие расстояния и поступает в глобальный круговорот на планете.

На подготовленный таким образом план местности наносятся контуры многолетней розы ветров по 8-16 румбам. Самый большой вектор, соответствующий наибольшей повторяемости ветров, откладывается в подветренную сторону (его длина составляет 25-30 см, т.е. 25-30 км). Таким образом, в контур, образованный розой ветров, включается территория наибольшей загрязненности тяжелыми металлами.

В направлении радиусов строятся секторы шириной 200-300 м вблизи источников загрязнения с постепенным расширением до 1-3 км; в местах пересечения осей секторов с окружностями располагаются ключевые участки, на них – сеть опорных разрезов, пункты и площадки взятия проб.

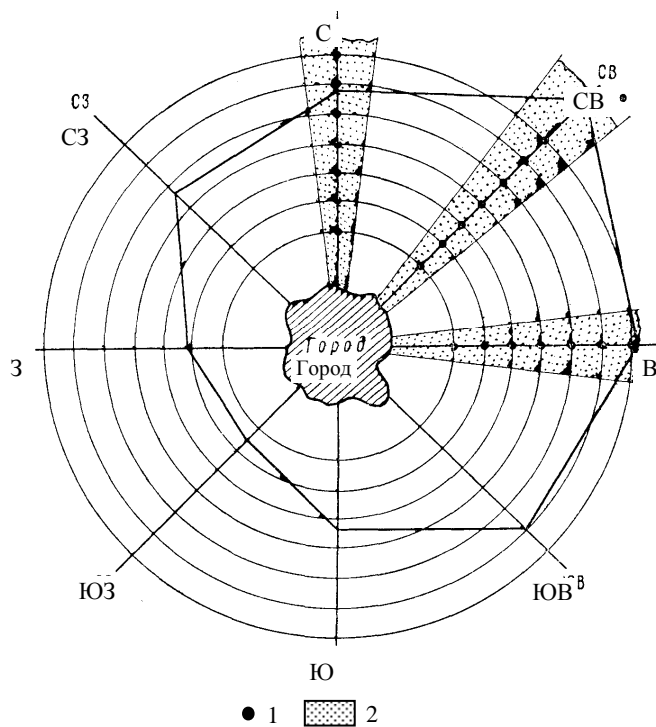
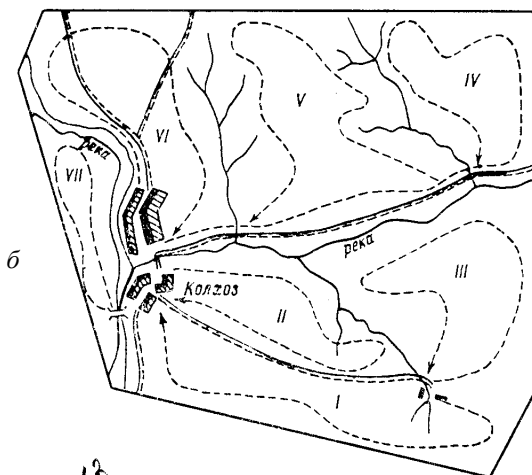
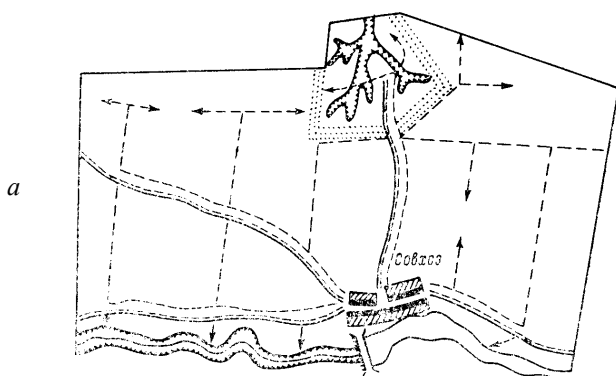


Рис. 9 – Схема размещения ключевых участков при наблюдении за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами вокруг промышленного центра
 1 – места пробоотбора; 2 – преобладающие направления наблюдений (по М.А. Пашкевич, 2012)



Рекогносцировочные обследования проводятся маршрутным путем, более или менее подробно в зависимости от природной сложности территории, степени ее изученности, площади и масштаба обследований. При детальном обследовании загрязнения почв вокруг единичного источника загрязнения достаточно один-два раза пересечь участок (рис. 9, а).

При больших площадях (обследование сельскохозяйственных полей, местности вокруг городов и т.д.) рекогносцировочное обследование требует значительных усилий и времени, чтобы охватить маршрутами местность, пересекая ее по главным орографическим элементам (рис. 9, б).

В результате рекогносцировки выявляются основные ландшафтные особенности территории, общие закономерности пространственных изменений почвенного покрова, главные формы почвообразования и др. Параллельно идет ознакомление с местным фондовым материалом, собираются сведения о климате и микроклимате, о погодных условиях последних лет, о заболеваниях, связанных с повышенным содержанием тяжелых металлов в экосистеме. Затраты рабочего времени на рекогносцировочное обследование территории до начала основных работ, как правило, окупаются экономией сил и времени в последующие периоды полевых работ.

При оценке степени загрязнения территории тяжелыми металлами ввиду чрезвычайно большой трудоемкости и стоимости сплошная съемка загрязненных почв не всегда оправдана. Целесообразнее и экономичнее проследить пути воздушного и водного загрязнения почв, анализируя объединенные образцы, взятые из верхних слоев почв. Более детальное исследование нужно проводить на ключевых участках, расположенных в секторах-радиусах вдоль преобладающих воздушных потоков.

Под ключевым участком (обычно их 15-20) понимается участок (1-10 га и более) с типичными, постоянно повторяющимися в данном районе сочетаниями почвенных условий и условий рельефа, растительности и других компонентов физико-географической среды. Основную долю ключевых участков следует располагать в направлении двух экстремальных лучей (румбов) розы ветров. При нечетко выраженной розе ветров участки должны характеризовать территорию равномерно в направлении всех румбов розы ветров. Если есть основание полагать, что миграция тяжелых металлов связана с водными потоками, то направление лучей нужно согласовывать с вектором водной миграции.

Ключевые участки размещают на обследуемой территории так, чтобы ими были охвачены все возможные ландшафтно-геохимические условия, разнообразные формы генезиса, состава и сочетания почв, типичные биоценозы и, конечно, фоновые и техногенные участки.

При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами большое значение имеет сравнение изменений, происходящих по мере увеличения или уменьшения влияния того или иного фактора, и вызванных этими изменениями закономерных смен степени загрязнения почв различными ингредиентами в пространстве. Наиболее четко эти закономерности можно выявить на почвенно-геоморфологических профилях, секущих всю территорию вдоль преобладающих направлений ветра, что является исключительно ценным методом познания сопряженных связей между распределением загрязняющих веществ в почвах и средой.

Под почвенно-геоморфологическим профилем следует понимать заранее выбранную узкую, стремящуюся к линии полюсу земной поверхности, на которой установлена корреляция степени загрязнения почв с одним или несколькими экологическими факторами. Почвенно-геоморфологические профили закладываются по векторам розы ветров. Профили не могут полностью заменить ключевые участки, особенно в тех случаях, когда изменение степени загрязнения почв обусловлено

характером микрорельефа, связь которого с загрязнением почв наиболее наглядно проявляется на большой территории. Следовательно, почвенно-геоморфологические профили и ключевые участки должны дополнять друг друга.

Достоверно установлено, что техногенные выбросы, загрязняющие почвенный покров через атмосферу, сосредоточиваются в поверхностных слоях почвы. Тяжелые металлы сорбируются, как правило, в первых 2-5 см от поверхности. Загрязнение нижних горизонтов происходит в результате обработки почвы (вспашки, культивации, боронования), а также вследствие диффузионного и конвективного переноса через трещины, ходы почвенных животных и растений. Поэтому наиболее четкая картина загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами может быть получена при отборе проб почв с глубины 0-10 и 0-20 см на пашне и с глубины 0-2,5; 2,5-5,0; 5-10; 10-20 и 20-40 см на целине или старой залежи.

Объединенная проба составляется, как правило, методом конверта. Все дальнейшие операции с первичной обработкой почв аналогичны операциям, осуществляемым при контроле за загрязнением почв пестицидами. После отбора проба почвы направляется на анализ в лабораторию. К каждой пробе прилагается талон, содержащий основные сведения о самой почве и условиях ее отбора:

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

Отбор проб почв в городских условиях следует производить по сетке квадратов такого масштаба, который обеспечивает взятие пяти-шести образцов на 100 га. Такая частота проб почв позволяет получить данные для составления карт загрязненности почв на территории городов. Отбор проб осуществляется методом конверта со стороны 5-10 м с глубины 20 см.

При исследовании загрязнения почв тяжелыми металлами составляются специальные карты загрязненности почв тяжелыми металлами – почвенно-технохимические карты. В таких картах показываются не только типы, подтипы, виды и разновидности почв по принятой систематике, но и степень загрязнения почв различными ингредиентами.

Под картами загрязненности почв следует понимать уменьшенное изображение на плоскости типичного, обобщенного математически определенного распределения загрязненных в различной степени почв и их сочетаний.

Карты загрязненности являются разновидностью почвенных карт, которые относятся к группе тематических. На тематических картах наиболее полно изображается основной картографируемый объект, в данном случае почвы, загрязненные различными ингредиентами. Другие компоненты ландшафта выделяются (картографируются) менее подробно, более обобщенно либо вообще не отражаются на карте.

Составление карт загрязненности почв проводится после просмотра и аналитической обработки собранных в полевых условиях образцов почв и сопоставления всех собранных материалов с имеющимися литературными, отчетными и другими данными об объекте исследований.

Процесс составления карт загрязненности почв складывается из следующих стадий:

- подготовка топографической основы;
- разработка шкалы степени загрязнения почв;
- корректировка почвенных контуров на основании полевых работ и других материалов, нанесение контуров загрязненных почв и дополнительных обозначений на подготовленную топографическую основу;
- оформление карты и дополнительных обозначений, характеризующих условия загрязнения почв.

Для полевых исследований используется самая полная топографическая основа, содержащая наибольшее число опорных точек, необходимых для привязки точек отбора проб почв и нанесения границ между почвами, загрязненными в различной степени. При составлении карты загрязненности почв, на ней сохраняется только часть нагрузки, чтобы освободить место для обозначения степени загрязнения почв. При отборе условных обозначений необходимо учитывать, что топографическая основа должна, во-первых, обеспечить привязку к местности, во-вторых, отразить природные особенности территории (рельеф, растительный покров, гидрография и т.д.) в той степени, в какой позволяют это сделать принятые в картографии изобразительные средства; в-третьих, насколько возможно отразить влияние хозяйственной деятельности человека. Поэтому на детальных и крупномасштабных картах загрязненности почв необходимо сохранить обозначение сельскохозяйственных угодий, полей, полевых дорог и т.д.

Оценка и картографирование степени загрязнения почв различными ингредиентами могут быть осуществлены при наличии, например, следующей шкалы степени загрязнения почв: незагрязненные, слабозагрязненные, среднезагрязненные и сильнозагрязненные в относительных единицах соответственно менее 1, 1-3, 3-5, более 5.

После проведения соответствующих расчетов степени загрязнения почв приступают к нанесению контуров на подготовленную топографическую основу с учетом предлагаемой шкалы степени загрязнения почв. Сначала на выверенную карту-основу переносят численные значения степени загрязнения почв тем или иным тяжелым металлом.

Каждому значению шкалы степени загрязнения почв на карте должны соответствовать определенный цвет или штриховка. Шкала цветов, начиная от наименьшей (фоновой), следующая: голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный. Для каждого элемента составляется отдельная карта. При малом количестве контролируемых элементов (два-три) можно составлять совмещенные карты.

Карты загрязненности почв сопровождаются пояснительной запиской, в которой описываются все физико-географические условия региона, а также кратко излагаются метеорологические условия и дается характеристика источников загрязнения. Результаты анализа представляют в табличной форме и совместно с картами загрязненности почв отправляют в соответствующие организации.

9 ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

9.1 Оценка состояния окружающей среды по абиотическим и биотическим показателям

Оценка качества среды и антропогенных изменений экосистем может производиться по их абиотическим и биотическим (на основе определения, анализа и интерпретации различных характеристик биоты) параметрам. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки (таблица 13).

Табл. 13 – Преимущества и недостатки подходов к оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) по абиотическим и биотическим показателям (по Экологический мониторинг, 2012)

Подход	Преимущества	Недостатки
Оценка по абиотическим показателям	Известны значения ряда конкретных факторов	Оценка неточна из-за общих недостатков системы ПДК, малой доли учтенных факторов, недостаточного учета эффекта взаимодействия факторов и фоновых особенностей среды
Оценка по биотическим показателям	Многие методы гарантируют весьма надежную оценку	Лимитирующие факторы и их значения неизвестны
Раздельная оценка по абиотическим и биотическим показателям со сравнением результатов	Надежность оценки выше за счет сравнения абиотических и биотических показателей. Известны значения ряда факторов	Часть лимитирующих факторов остается неучтенной. Закономерности детерминации состояния среды лимитирующими факторами остаются неизвестными
Оценка на основе связи биотических и абиотических показателей	Устанавливаются и лимитирующие факторы, и закономерность их действия. Надежность метода максимальна и он служит лучшей основой для экологического нормирования и регуляции среды	Наибольшая трудоемкость, наиболее высокие требования к квалификации экологов

Абиотические параметры удобнее тем, что непосредственно характеризуют состав среды, ее конкретные негативные изменения, причем имеют строгое количественное выражение. Однако получить по ним полную характеристику среды невозможно. Это определяется рядом обстоятельств:

- остается неясным главное: насколько абиотические условия в целом соответствуют потребностям биоты;
- современные антропогенные воздействия на экосистемы, как правило, весьма сложны, и как бы велико ни было количество установленных абиотических параметров, нет гарантии, что удалось полностью учесть все существенные факторы;
- реакция экосистем существенно зависит не только от состава влияющих факторов, но и от сложного эффекта от их взаимодействия.

Преимущество использования биотических параметров заключается в их большей надежности и объективности. Состояние биоты связано с общим состоянием абиотической среды и четко реагирует на негативные воздействия любого происхождения, независимо от полноты их учета и степени изученности. Кроме того, биота является мощным регулятором состояния окружающей среды. Любые, даже внешне незначительные нарушения биоты создают реальную угрозу резкого, непредсказуемого, часто катастрофического изменения параметров окружающей среды, в том числе и жизненно важных для человека.

Все это определяет особую важность биотических характеристик как объекта мониторинга. Но, адекватно отражая степень негативного воздействия в целом, сама по себе оценка состояния и изменений биоты не позволяет установить, какие именно факторы на биоту воздействуют.

Наиболее эффективным оказывается сочетание обоих подходов. Этот прием все шире входит в практику оценки качества окружающей среды и ее антропогенных изменений. Определение ряда биотических показателей, наряду с традиционными абиотическими, уже предусмотрено некоторыми нормативными документами (например, ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков», ГОСТ 17.1.2.04-77. «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных объектов» и др.).

Однако абиотические и биотические параметры все еще рассматриваются без учета их взаимосвязи.

Но для адекватного экологического нормирования необходимо не только выбирать наиболее показательные абиотические и биотические характеристики экосистемы, но и обязательно учитывать сами закономерности реакции биоты на изменения среды. Только так можно выяснить, какие из абиотических факторов и в какой степени лимитируют биоту, и как именно следует изменить их значения, чтобы понизить общий уровень воздействия до приемлемого уровня. При этом состояние всей среды в целом достаточно надежно оценивается по результатам учета и анализа биотических показателей, а прямая оценка физико-химических характеристик помогает разобраться, какие из антропогенных факторов наиболее негативно воздействуют на среду и каковы механизмы этого воздействия.

9.2 Биологический мониторинг как составляющая экологического мониторинга

Биологический мониторинг (биомониторинг) предназначен для решения следующих основных задач:

- Информационное обеспечение деятельности по сохранению биоты, т.е. определение состояния биотической составляющей биосферы (на различных уровнях организации биосистем) и ее реакции на антропогенное воздействие. Биота играет важнейшую средообразующую роль, и ее сохранение имеет для человечества первоочередное практическое значение. Очевидны также этический и эстетический аспекты данной проблемы.

- Оценка состояния окружающей среды по биотическим параметрам. Особую роль играет выявление начальных стадий неблагоприятных изменений среды, к которым многие компоненты биоты намного чувствительнее, чем человек.

- Исследование содержания различных ингредиентов в биоте (отнесена к биологическому мониторингу довольно условно; скорее, это одна из составляющих общей задачи определения содержания поллютантов в различных средах).

Информационное обеспечение конкретных направлений деятельности по охране окружающей среды (частные формы биомониторинга).

Особой подсистемой биомониторинга может считаться мониторинг популяций конкретных биологических видов:

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

- популяций-индикаторов, состояние которых характеризует степень благополучия той или иной экосистемы и которые наиболее чувствительны к антропогенному воздействию (например, планктонные рачки *Epishura baikalensis* в озере Байкал в зоне воздействия целлюлозно-бумажного комбината);

- популяций, имеющих большую хозяйственную ценность (например, ценные виды рыб).

В последнее время увеличивается роль генетического мониторинга (наблюдение возможных изменений в генофонде различных популяций).

Мониторинг популяции человека (как компонента биосферы) тоже может, в известной степени, считаться одной из форм популяционного биомониторинга. Постановлением Правительства РФ № 426 от 01.06.2000 г. утверждено Положение о социально-гигиеническом мониторинге – государственной системе наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека (на уровнях федеральном, субъектов федерации, муниципальных образований). Заявленные цели социально-гигиенического мониторинга – формирование федерального информационного фонда, изучение причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и условиями среды, а также обеспечение межведомственной координации деятельности по контролю санитарно-эпидемиологической обстановки.

В настоящее время наиболее развита система биологического мониторинга поверхностных вод (гидробиологический мониторинг) и лесов. Однако даже в этих областях биомониторинг существенно отстает от мониторинга абиотических характеристик среды как по методологическому, методическому и нормативному обеспечению, так и по количеству наблюдений. Например, наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1166 водных объектов. Отбор проб ведется на 1699 пунктах (2342 створа) по физическим и химическим показателям с одновременным определением гидрологических показателей. В то же время, наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям производятся лишь в пяти гидрографических районах, на 81 водном объекте (по 170 створам), причем программа наблюдений включает от двух до шести показателей. Сеть комплексного мониторинга загрязнения природной среды и состояния растительности (СМЗР) насчитывает всего 30 постов (контролирующие органы – Рослесхоз, Госкомэкология России).

В работах по созданию Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) принимает участие Госкомрыболовство России (создание Единой государственной системы мониторинга водных биоресурсов, наблюдение и контроль за деятельностью российских и иностранных рыболовных судов с использованием космических средств связи и специализированных информационных технологий). Мониторинг водных биоресурсов включает следующие мероприятия:

- мониторинг объектов животного мира, принадлежащих к объектам рыболовства;
- ведение отраслевого кадастра промысловых рыб Российской Федерации;
- мониторинг состояния загрязнения биоресурсов рыбохозяйственных водоемов Российской Федерации и среды их обитания (с целью изучения океанологических основ биопродуктивности, прогноза добычи и охраны наиболее ценных гидробионтов);
- сбор данных для информационного бюллетеня «Радиационная обстановка в рыбопромысловых районах Мирового океана».

Уже сейчас работы в области биологического мониторинга (в том числе мониторинга экосистем и мониторинга редких и охраняемых видов растительного и животного мира) активно проводятся в ряде регионов.

Например, в Тюменской области в 1998-2000 гг. успешно реализован первый этап программы «Создание Единой территориальной системы экологического мониторинга Тюменской области»: разработаны методики ведения экологического мониторинга основных биогеоценозов, организована сеть постоянных, опытных площадей для его осуществления в южной зоне области. В Амурской области функционирует подсистема мониторинга растительного и животного мира в части редких и охраняемых видов (МРЖМ) в рамках АМУРСЭМ. Разработана, апробирована и утверждена программа по МРЖМ на период до 2005 г. Развитие системы биомониторинга России отнесено к одной из наиболее актуальных природоохранных задач. Согласно принципу ориентации ЕГСЭМ на экосистемный подход, экологический мониторинг обобщает результаты биологического и геофизического мониторинга на уровне экологических систем.

9.3 Биоиндикация и биотестирование

Биотестирование – это оценка качества среды при активном вмешательстве в природные процессы, путем постановки эксперимента в природных или лабораторных условиях. Суть биотестирования сводится к определению последствий взаимодействия подопытных организмов (тест-объектов) с испытываемой средой. О степени вредного воздействия среды судят, сопоставляя изменения характеристик тест-объектов при различной продолжительности опыта в изучаемых средах. Например, для водной среды в качестве стандартных тест-объектов принято использовать бактерии *Escherichia coli*, инфузории родов *Paramecium* и *Tetrachimena*, веслоногих рачков *Daphnia magna*, икру и личинки лососевых рыб и др. Негативное влияние испытываемой среды оценивается по выживаемости, плодовитости, заболеваемости, скорости роста и индивидуального развития, особенностям поведения, морфологическим изменениям тест-объектов.

Биоиндикация – это оценка качества среды по состоянию тех или иных представителей биоты, осуществляемая путем наблюдения за ними, без активного (экспериментального) вмешательства в природные процессы. Объектами таких наблюдений (биоиндикаторами) могут служить биосистемы любого уровня организации. Оценка качества среды производится по биоиндикаторным признакам, тем характеристикам наблюдаемых биосистем, которые наиболее полно и точно отражают степень их благополучности.

Поскольку основой мониторинговых исследований является наблюдение, а не эксперимент, основной методологией биологического мониторинга является биоиндикация. Однако некоторые методы биотестирования в полевых и лабораторных условиях также используются для оценки качества среды и выявления ее антропогенных изменений.

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

- Пространство лимитирующих экологических факторов. Это евклидово пространство, координаты которого сопоставлены лимитирующим биосистему экологическим факторам, общее количество которых равно n :

$$\varepsilon_n = \{(X_1, X_2, \dots, X_n, \dots)\}.$$

- Функция отклика биосистемы на экологические факторы. Реакция биосистемы на экологические факторы оценивается по соответствующим изменениям ее различных характеристик. Зависимость значений характеристики биосистемы от значений n экологических факторов выражается соответствующей функцией отклика этой характеристики на данные факторы: $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Функция отклика характеристики биосистемы на один из n императивных экологических факторов X_i (при некоторых фиксированных значениях остальных факторов) называется частной функцией отклика биосистемы на данный фактор (при данном сочетании остальных факторов) $f(X_i)$.

- Функция благополучия биосистемы от экологических факторов. Очевидно, что далеко не каждая характеристика биосистемы отражает ее общее состояние, степень благополучности. Значит, не все функции отклика могут быть содержательно использованы для оценки реакции биосистемы на экологические факторы. Функция отклика биосистемы на экологические факторы, которая достаточно обобщенно и

полно характеризует степень ее благополучности при различных сочетаниях значений n императивных факторов, называется функцией благополучия изучаемой биосистемы от этих факторов: $f_6(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Функция благополучия биосистемы от одного из n императивных экологических факторов X_i называется частной функцией благополучия биосистемы от данного фактора $f_6(X_i)$.

• Изобола (от греч. $\iota\sigma\varsigma$ – равное и $\beta\omicron\lambda\omicron\varsigma$ – изменение). Изобола характеризует совокупность всех сочетаний значений лимитирующих факторов, оказывающих на биосистему равносильное воздействие, т.е. обуславливающих определенное постоянное значение функции благополучия.

9.4 Биоиндикаторные характеристики биосистем различного ранга

Для биоиндикации могут использоваться показатели биосистем всех рангов. Обычно, чем ниже ранг биосистемы, используемой в качестве биоиндикатора, тем более частными могут быть выводы о воздействиях факторов среды, и наоборот.

Организм и суборганизменные структуры. К биосистемам суборганизменных рангов относятся молекулы и молекулярные комплексы (белки, нуклеиновые кислоты и др.), клеточные органоиды, клетки, ткани, органы и системы органов. Для биоиндикации наиболее показательны следующие характеристики:

- химический состав клеток;
- состав, структура и степень функциональной активности ферментов;
- структурно-функциональные характеристики клеточных органоидов;
- размеры клеток, их морфологические характеристики, уровень активности;
- гистологические показатели;
- концентрации поллютантов в тканях и органах;
- частота и характер мутаций, канцерогенеза, уродств.

Тератогенный эффект факторов среды – способность вызывать у тест-организмов различные уродства, пороки развития. Последствия тератогенных воздействий различны: в одних случаях тератогенез может проявляться только на уровне клеточных органоидов, отдельных клеток; в других затрагивает ткани, органы и весь организм.

Популяции. При биоиндикации и биотестировании в качестве функций благополучия успешно используются следующие статические и динамические популяционные характеристики:

Статические характеристики (в момент времени t):

Численность n_t – общее число особей в популяции
 Плотность N_t – число особей в единице объема или на единице площади
 Биомасса B_t – суммарная масса особей в единице объема или на единице площади
 Средняя масса особи W_t – соотношение биомассы и плотности (простейшая характеристика размерно-весовой структуры; более точную оценку дает анализ ее гистограммы)
 Соотношение плотности особей разного пола (простейшая характеристика половой структуры популяции)

Единица величины

Экземпляр
 Экземпляр на единицу объема (площади)
 Единица массы на единицу объема (площади)
 Единица массы
 Безразмерная

Показатели неравномерности пространственного распределения особей (простейшая характеристика σ^2/\bar{N}_t – соотношение дисперсии и средней арифметической популяционной плотности; и др.)

«

Динамические характеристики (за период времени $\Delta t = t_2 - t_1$):

Скорость абсолютного изменения популяционной плотности $\frac{dN_t}{dt} = (N_2 - N_1)\Delta t^{-1}$, где N_1 и N_2 – значения N_t в моменты t_2 и t_1

Экземпляр на единицу объема (площади) в единицу времени

Скорость абсолютного изменения биомассы популяции

Единица массы на единицу объема (площади) в единицу времени

$\frac{dB}{dt} = (B_2 - B_1)\Delta t^{-1}$, где B_1 и B_2 – значения B_t в моменты t_2 и t_1

Скорость относительного изменения популяционной плотности $r_N = \frac{dN}{dt} \bar{N}^{-1}$, где \bar{N} – средняя плотность за период Δt

Единица времени в минус первой степени

Скорость относительного изменения популяционной биомассы $r_B = \frac{dB}{dt} \bar{B}^{-1}$, где \bar{B} – средняя биомасса за период Δt

То же

Удельная рождаемость $b = N_b \bar{N}^{-1} \Delta t^{-1}$, где N_b – приращение популяционной плотности за период Δt из-за рождения новых особей

«

Удельная смертность $d = N_d \bar{N}^{-1} \Delta t^{-1}$, где N_d – убыль популяционной плотности за период Δt из-за гибели особей

«

Реализуемая доля «биотического потенциала» вида $r_{N_{\max}}^p / r_{N_{\max}}^u$ – соотношение максимального значения r_N , реализуемого изучаемой популяцией, и «биотического потенциала» вида, т.е. максимального значения r_N , реализуемого данным видом в идеальных условиях

Безразмерная

Соотношение фундаментальной (\mathcal{R}_f) и реализованной (\mathcal{R}_r) ниш Хатчинсона: $\mathcal{R}_f/\mathcal{R}_r$

«

Продукция популяции $P_{\Delta t} = B_1 - B_2 + B_{el}$, где B_{el} – биомасса, элиминированная из популяции, т.е. удаленная вследствие гибели или эмиграции особей, за период Δt

Единица массы (энергии) на единицу площади (объема)

Скорость продуцирования популяцией \bar{p}_t – средняя скорость образования популяцией продукции за период Δt

Единица массы (энергии) на единицу площади (объема) в единицу времени

Большое значение для биоиндикации состояния окружающей среды и ее антропогенных изменений имеют многочисленные структурные (анатомические) и функциональные (физиологические) характеристики организма. Эти показатели рассматриваются в лекционных курсах по дисциплинам «Общая экология», «Основы физиологии» и «Токсикология».

Многовидовые биосистемы (сообщества; экосистемы). Изучение всей биоты природных экосистем обычно является непосильной задачей даже для большого коллектива биологов. Даже если биоразнообразие экосистемы сравнительно невелико, биоту все же составляют представители очень многих систематических групп. Для многих из них видовая диагностика требует исключительно высокой квалификации и часто доступна лишь немногим специалистам-систематикам. Поэтому уже установление полного видового состава биоты потребовало бы одновременного привлечения ведущих специалистов по всем систематическим группам. Более реалистичной задачей является изучение не всей биоты, а конкретных сообществ. Сообщество, или ценоз (от греч. *χοῖνος* – совместно, сообще) – совокупность живых организмов определенной категории, одновременно населяющих определенную область пространства. Категории учитываемых организмов и размер изучаемой области пространства могут выбираться исследователем произвольно, в соответствии с целью проводимого им исследования. Если какое-либо сообщество достаточно чувствительно к изучаемому воздействию и позволяет судить о реакции на него всей биоты, оно может успешно использоваться в качестве биоиндикатора.

При биоиндикации используются статические и структурные характеристики сообществ. К первым относят видовой состав, т.е. перечень биологических видов сообщества, как основную, качественную характеристику, видовое богатство (количество видов в сообществе) и показатели обилия: численность, плотность, биомасса сообщества (аналогично соответствующим популяционным параметрам).

Показатели структуры сообщества представляют собой соотношение суммарных показателей обилия разных его элементов:

- видов (видовое разнообразие) или более крупных таксонов;
- представителей разных стратегий питания (трофическая структура);
- особей с разными размерами, массой (размерно-весовая структура);
- видов с различными ценотическими стратегиями (например, *r*- и *K*-стратегов; виолентов, пациентов и эксплерентов);
- видов с разной чувствительностью к воздействиям (эври- и стенобионтов);
- видов с разным поведением.

Если группы выделяются по количественным грациям одного показателя (например, размер, масса), структура сообщества выражается гистограммой, например, размерной или весовой структуры или средним значением данного показателя для сообщества в целом (например, средняя масса особи в сообществе как соотношение биомассы и плотности сообщества).

Если группы выделяются на основе качественных признаков (например, представители разных стратегий питания, разных видов, или более крупных таксонов, и т.д.), т.е. структуру сообщества отражают показателем разнообразия по данному признаку – характеристикой, определяемой общим количеством выделенных групп (*n*) и соотношением значений какого-либо показателя обилия представителей этих групп.

Индексы разнообразия Симпсона, Брюэлена, Маргалёфа и Шеннона имеют вид соответственно

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n X_i (X_i - 1)}{X(X-1)}; D = \frac{1}{X} \log_2 \left(\frac{X!}{\prod_{i=1}^n X_i!} \right); E = 1,443 \ln \left(\frac{X!}{\prod_{i=1}^n X_i!} \right);$$

$$H = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X} \log_2 \frac{X_i}{X} \right),$$

где X_i – показатель обилия i -й группы; X – суммарное значение того же показателя для всего сообщества в целом, $X = \sum_{i=1}^n X_i$.

Индексы Симпсона и Маргалёфа – безразмерные величины, индексы Брюэлена и Шеннона имеют размерность бит, деленный на единицу показателя X .

Индекс разнообразия Шеннона наиболее логичен и широко применяется в экологии и других науках. Чаще всего он используется для оценки видового разнообразия сообщества по плотности H_N или, реже, по биомассе H_B . В этих модификациях он известен экологам как индекс Шеннона – Уивера:

$$H_N = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \right); H_B = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{B} \log_2 \frac{B_i}{B} \right).$$

Обычно негативное антропогенное воздействие приводит к уменьшению количества видов в сообществах (за счет исчезновения стенобионтов) и нарушает выравненность значений их популяционной плотности. Поэтому значения индекса Шеннона – Уивера и прочих индексов разнообразия сообществ макрозообентоса в условиях загрязнения, как правило, закономерно уменьшаются.

Структуру сообщества можно также описать соотношением суммарных показателей обилия представителей различных групп, выделенных по данному признаку (например, соотношением биомассы организмов с разными стратегиями питания $B_1 : B_2 : B_3 : \dots : B_n$).

Возможно также выделение этологических группировок (видов со сходным поведением).

К динамическим характеристикам сообщества относят показатели динамики его статических характеристик и функциональные характеристики.

Показатели динамики статических характеристик сообществ аналогичны динамическим характеристикам популяций:

- изменение какой-либо статической характеристики X (плотности, биомассы сообщества, индексов разнообразия и др.) $\Delta X_{\Delta t} = X_2 - X_1$ за изучаемый период времени $\Delta t = t_2 - t_1$;

- скорость абсолютного изменения значений статической характеристики $dX/dt \approx (X_2 - X_1)\Delta t^{-1}$ в момент времени t ;

- скорость относительного изменения значений статической характеристики $r_X = (dX/dt) \bar{X}^{-1}$ в момент времени t (здесь \bar{X} – средняя биомасса за период Δt).

К функциональным характеристикам сообществ относятся эколого-физиологические показатели (например, составляющие физиологического «балансового равенства» организма), рассчитанные для всего сообщества в целом, а также различные их соотношения: траты на обмен, первичная и вторичная продукция.

Траты на обмен сообщества (или экосистемы) $R = \sum_{j=1}^N R_j$ определяются

аддитивно, как сумма трат на обмен всех организмов данного сообщества. Траты на обмен определяются интенсивностью деструкции – разложения потребленных организмами органических веществ до более простых соединений и, частично, до минеральных веществ. Подавляющее большинство живых организмов, включая человека, являются аэробами (от греч. αερος – воздух), т.е. используют в качестве окислителя кислород, получаемый при дыхании. Количество энергии, выделяющейся из окисляемых органических веществ при затрате 1 г кислорода, называется оксикалорийным коэффициентом K . На полное окисление (до H_2O , CO_2 и N_2) 1 г белка тратится 1,748 г кислорода. Энергия, освобождающаяся из 1 г белка при его окислении, составляет, в среднем, 5,65 ккал. Поэтому для белков $K = 5,65/1,748 = 3,23$ ккал/г O_2 . Для углеводов и жиров K равен, соответственно, 3,28 и 3,54 ккал/г O_2 . Поскольку органические вещества в телах различных организмов содержат, в среднем, около 80 % белков, 10 % жиров и 10 % углеводов, оксикалорийный коэффициент K обычно принимается равным 3,27 ккал/г O_2 , или 13,68 кДж/г O_2 . Использование K позволяет определять интенсивность трат организма-аэроба на обмен по скорости потребления им кислорода при дыхании.

Первичная продукция – суммарная продукция всех продуцентов сообщества или экосистемы. Большинство продуцентов (растения, водоросли, цианеи) используют для производства первичной продукции солнечную энергию, поэтому образование ими первичной продукции называется фотосинтезом. Некоторые продуценты-бактерии производят первичную продукцию с использованием энергии, высвобождающейся при инициируемых ими окислительно-восстановительных реакциях (хемосинтез). Как выяснилось, к хемосинтезу способны также некоторые цианеи, вообще резко отличающиеся от представителей других царств исключительным разнообразием трофических стратегий. Однако основная часть первичной продукции экосферы Земли создается все же путем фотосинтеза.

Различают валовую первичную продукцию, т.е. все органическое вещество, произведенное продуцентами (включая и ту часть, которую они затем расходуют на собственный обмен, подвергая деструкции), и чистую первичную продукцию, т.е. органическое вещество, произведенное продуцентами, за вычетом их затрат на собственное жизнеобеспечение (траты на обмен). Чистая первичная продукция тратится продуцентами на рост и выделение продуктов обмена в окружающую среду. Таким образом, чистой называется та часть валовой первичной продукции, которую продуценты не тратят сами, а передают в экосистему.

Вторичная продукция образуется консументами, потребляющими первичную продукцию. Вторичная продукция сообщества консументов называется реальной продукцией данного сообщества. Она образуется всеми членами сообщества и может быть экспортирована, т.е. так или иначе потреблена вне его пределов. При наличии в сообществе консументов нескольких порядков (при сосуществовании хищников и жертв) реальная продукция неаддитивна, т.е. не может быть найдена просто как сумма соответствующих показателей для каждого из видов, так как часть продукции, образуемой жертвами, потребляется хищниками в самом сообществе. В простейшем случае (если в сообществе имеются консументы только первого и второго порядков, причем любая жертва доступна любому хищнику, и все хищники питаются только жертвами из своего сообщества) реальная продукция может быть рассчитана по уравнению

$P_{\bar{0}} = P_n - C_x + P_x$, где P_n и P_x – суммарные значения продукции всех нехищных организмов (жертв) и всех хищников в сообществе соответственно; C_x – суммарный рацион всех хищников.

Как правило, пищевые взаимоотношения в сообществах являются гораздо более сложными, и перечисленные условия не выполняются. Поэтому правильная оценка реальной продукции сообществ требует детального анализа трофических связей в сообществе (обычно с применением блок-схемы основных и второстепенных трофических связей или с учетом индексов трофической избирательности). При достаточно сложной трофической структуре сообщества величина реальной продукции, рассчитанная по приведенному выше простому уравнению, может отличаться от подлинной величины на порядок и более.

Из соотношений эколого-физиологических характеристик для сообществ и экосистем наиболее часто используют следующие:

- отношение реальной продукции сообщества к его суммарным тратам на обмен за какой-либо период времени (P/R -коэффициент);
- отношение реальной продукции сообщества за какой-либо период времени к среднему значению биомассы за этот период, т.е. удельная продуктивность сообщества (P/B -коэффициент).

В стабильной экосистеме процессы производства и потребления биологической продукции идут с постоянными скоростями и хорошо сбалансированы ($P \approx R$), поэтому воздействие биоценоза на свой биотоп сведено к минимуму. Автогенная сукцессия экосистем обычно характеризуется преобладанием процессов деструкции органического вещества над продукционными процессами ($P/R < 1$), увеличением замкнутости внутреннего круговорота веществ и энергии и способности экосистемы к саморегуляции, самоочищению и сохранению высокого качества внутренней среды. Аллогенная сукцессия, как правило, сопровождается обратными процессами ($P/R > 1$): биотоп постепенно загрязняется накапливающимися, не минерализуемыми полностью органическими веществами; способность экосистемы к саморегуляции и качество ее внутренней среды постепенно снижаются.

9.5 Устойчивость экосистемы (сообщества) к воздействию

Биоиндикационная роль видового состава сообществ

Важнейшей характеристикой экосистемы или конкретного сообщества является устойчивость к воздействию: резистентная (способность объекта сохранять свое состояние неизменным, сопротивляясь воздействию) и упругая (способность возвращаться в исходное состояние после прекращения воздействия). Количественной мерой устойчивости является максимальный уровень воздействия, при котором она сохраняется. Следовательно, в гиперпространстве факторов, лимитирующих биоту экосистемы (или сообщество, используемое в качестве биоиндикатора), устойчивость описывается изоболой:

- резистентная – изоболой, ограничивающей область всех тех сочетаний факторных значений, при которых значения характеристик биоты (сообщества) не отличаются от фоновых значений (наблюдаемых вне воздействия);
- упругая – изоболой, ограничивающей область всех тех сочетаний факторных значений, при которых вызываемые изменения значений всех функций благополучия обратимы (после снятия воздействия возвращаются к фоновым значениям).

Критерием сохранения резистентной устойчивости экосистемы к воздействию является сохранение исходных (фоновых) значений всех ее количественных биотических характеристик, как статических, так и динамических.

Критерием сохранения упругой устойчивости к воздействию сообщества (как и всей экосистемы) является сохранение исходного видового состава. Если видовой состав остался неизменным, значит, после прекращения воздействия постепенно восстановятся как исходные количественные показатели биоты, так и регулируемые ими параметры абиотической среды. Если видовой состав нарушен, то даже после прекращения воздействия весьма вероятны непредсказуемые (иногда катастрофические) изменения параметров биоты и абиотической среды. Таким образом, видовой состав является наиболее существенной характеристикой сообществ и экосистем. Остальные, количественные характеристики сообществ также важны для биоиндикации, но по отношению к видовому составу они являются вторичными и имеют вспомогательное значение.

Кроме того, методы ценотической биоиндикации, основанные на учете видового состава сообществ, обладают и наибольшей разрешающей способностью. Это обусловлено тем, что требования организмов к параметрам окружающей среды весьма видоспецифичны и могут существенно варьировать даже в пределах одного рода, не говоря о более крупных таксонах. В то же время, видовая диагностика является весьма трудоемкой и часто требует от исследователя исключительно высокой квалификации. Поэтому выбор применяемых методов биоиндикации обычно определяется требованиями к точности оценки качества среды, а также реальными возможностями конкретного исследовательского коллектива.

Биоиндикация по аккумуляции (использование накапливающих биоиндикаторов). Различают регистрирующие и накапливающие, или аккумулирующие, биоиндикаторы. Показатели регистрирующей биоиндикации, рассмотренные выше, позволяют судить об общем уровне воздействия факторов среды на биоту. Биоиндикация по аккумуляции позволяет количественно оценивать сами факторы (химические), используя свойство организмов накапливать загрязняющие вещества в своих тканях, определенных органах и частях тела. Концентрация некоторых поллютантов, медленно выводимых из организма (например, металлов, некоторых хлорорганических соединений и др.), может превышать таковую в окружающей среде на несколько порядков.

Важно, что результаты биоиндикации по аккумуляции не зависят от конкретного времени пробоотбора, т.е. от случайных, краткосрочных вариаций содержания вредных веществ в окружающей среде. Кроме того, с помощью химического анализа иногда удается не только оценить современный уровень загрязненности окружающей среды, но и предыдущую динамику концентрации различных поллютантов (путем сравнения их концентрации в организмах разного возраста).

Примером эффективных накапливающих биоиндикаторов могут служить хитиновые панцири водных ракообразных и личинок насекомых, моллюски и их раковины (последние долго сохраняются и могут использоваться для индикации даже после гибели моллюска), мхи, некоторые органы птиц и млекопитающих (мозг, почки, селезенка, печень и др.).

Классификационные и ординационные методы изучения сообществ и экосистем

При изучении экосистем или отдельных сообществ с целью биоиндикации решаются следующие задачи:

- определение пространственных границ экосистемы (или сообщества);
- выявление и описание зависимости ценотических характеристик, значимых для биоиндикации, от факторов среды, лимитирующих биоту или конкретное сообщество.

Первая задача решается методами классификации, вторая – методами ординации.

Классификационный подход предполагает, что изучаемые сообщества (экосистемы) имеют более или менее четкие пространственные границы, в пределах которых они однородны и достоверно отличны от соседних сообществ (экосистем). Классификационные методы математического анализа позволяют выделить относительно дискретные сообщества (экосистемы) и их пространственные границы. Ординационный подход (от лат. *ordino* – упорядочивать), наоборот, игнорирует границы сообществ (экосистем) или даже предполагает их отсутствие. Ординационные методы выявляют количественные закономерности изменений характеристик популяций и сообществ в градиентах среды.

На самом деле, естественные границы различных природных экосистем могут быть выражены в разной степени: и очень контрастно, и довольно слабо, и практически отсутствовать (если наблюдается непрерывное пространственное изменение параметров сообщества).

Некоторые экосистемы и сообщества относительно дискретны. Это, в первую очередь, биогеоценозы – экосистемы, локализованные в биотопах (участках территории или акватории со специфическими условиями среды, относительно однородными внутри самого биотопа и значительно отличающимися от внешних условий). Многие консорции также имеют довольно четкие границы. Как правило, дискретные многовидовые биосистемы характеризуются сравнительно высокой целостностью, сложной сетью многообразных межвидовых связей и значительной эмерджентностью свойств, и поэтому должны изучаться с позиций холизма.

Примерами таких биосистем могут служить малое непроточное озеро или лесная опушка (биогеоценозы), небольшой обособленный коралловый риф или друза двустворчатых моллюсков, формирующие своей жизнедеятельностью специфическую местную среду и, следовательно, особые сообщества – консорции. Подобные биосистемы хорошо поддаются классификации и плохо ординации, так как их внутренняя среда довольно однородна.

Если же биота (или конкретное сообщество) существует в пространственно неоднородных, разнообразных абиотических условиях (например, морская сублитораль, прерия, и др.), то, как правило, связи между отдельными видами оказываются сравнительно слабыми. Эти формации складываются пассивно, вследствие простого наложения картин пространственного распределения популяций отдельных видов, образующих единый экологический континуум (состояние биоты, при котором виды распределяются независимо и непрерывно). Для изучения подобных биосистем более эффективны редуccionистские методы. Ясно, что такие внутренне

неоднородные экосистемы (или сообщества) без четких пространственных границ плохо поддаются классификации и хорошо ординации.

Большинство природных экосистем занимают промежуточное положение. В очень широких диапазонах изменяются степень выраженности их границ, внутренняя неоднородность, уровень межвидовых взаимодействий, эмерджентность свойств. Поэтому при биоиндикационных экологических исследованиях обычно наиболее плодотворным оказывается сочетание классификационного и ординационного подходов.

Классификационные методы. Прежде всего, они позволяют преодолеть субъективность выделения исследователем границ экосистем (сообществ), количественно оценить степень их выраженности благодаря математическому подходу. Наиболее объективную классификацию могут дать методы кластерного анализа (от англ. cluster – группа, гроздь), группирующие объекты в классы (кластеры) таким образом, чтобы объекты, входящие в один класс, были более однородными, сходными по сравнению с объектами, входящими в другие классы. При этом сопоставляться может как видовой состав сообществ (нумерический кластерный анализ), так и их различные количественные характеристики. В последнее время многие экологи предпочитают использовать нумерический кластерный анализ. Во-первых, само присутствие или отсутствие того или иного вида очень информативно; во-вторых, обнаружить факт присутствия особой вида гораздо проще, чем правильно определить количественные характеристики популяции или сообщества (для чего требуются гораздо более трудоемкие методы пробоотбора). И наконец, результат классификационного анализа по количественным характеристикам во многом определяется тем, какие именно показатели исследователь считает важными и учитывает в расчетах, в то время как нумерическая классификация всегда использует один и тот же признак.

Нумерический кластерный анализ может осуществляться как для сравнения отдельных станций наблюдения (*Q*-анализ, оценивающий сходство видового состава сообществ на разных станциях), так и для отдельных видов (*R*-анализ, оценивающий сходство пространственного распределения различных видов). Из многих индексов, характеризующих степень сходства видового состава сообществ на разных станциях (или, наоборот, сходства пространственного распределения видов) наиболее прост и популярен коэффициент Сьеренсена

$$K_S = 2c / (a + b),$$

где *a* и *b* – при *Q*-анализе количество видов в двух сравниваемых сообществах (или на двух сравниваемых станциях); *c* – количество видов, общих для обеих сообществ (обеих станций).

Для количественных данных (при *R*-анализе) аналогичный показатель носит название коэффициента Чекановского

$$C_{CZ} = 2 \sum \min \frac{(x_{1i}, x_{2i})}{(\sum x_{1i} + \sum x_{2i})},$$

где x_{1i} и x_{2i} – значения показателя обилия (плотность или биомасса популяции) *i*-го вида в выборках 1 и 2; $\min (x_{1i}, x_{2i})$ – наименьшее из двух сравниваемых значений данного показателя обилия.

При кластерном анализе по количественным признакам степень сходства сообществ оценивается по «расстояниям» между ними в евклидовом пространстве учитываемых признаков (чаще всего евклидовым расстоянием). Такими признаками

являются различные количественные характеристики сообществ, имеющие биоиндикаторное значение. Результаты анализа наглядно выражаются графически в виде гистограмм – схем, показывающих, на каких уровнях проявляется сходство между разными объектами.

Кластерный анализ очень широко используется в различных областях науки как средство типологического анализа. Однако результативность кластерного анализа по количественным характеристикам ограничивается более или менее субъективным выбором признаков (за исключением нумерического анализа), алгоритмов кластеризации и методов интерпретации результатов (в частности, исследователь сам решает, какой именно уровень сходства следует принять для выделения сообществ).

Для отнесения результатов одиночных измерений к одному из выделенных классов данных полезен также многомерный дискриминантный анализ (не являющийся строго классификационным методом). Он позволяет не только более обоснованно принимать решения по классификации, но и более объективно выбирать ее критерии. Применение дискриминантного анализа может быть весьма эффективным, но оно ограничено высокими требованиями к репрезентативности материала.

Ординационные методы. Они позволяют упорядочить объекты (например, станции наблюдения, характеризуемые соответствующими значениями биоиндикаторных признаков сообществ) вдоль каких-либо осей (пространственных градиентов, факторов среды, оси времени и т.д.) и установить зависимость характеристик биоты от факторов среды.

Наиболее простым и высокоэффективным методом ординации является прямой градиентный анализ. Суть его сводится к выявлению изменения величин обилия видов по градиентам лимитирующих факторов среды. По факторам, обнаружившим достоверное воздействие на биоту, далее проводится регрессионный анализ. Приемы прямого градиентного анализа эффективны в ситуациях, когда лимитирующие факторы известны и сравнительно немногочисленны.

Экологами широко используются также методы непрямой ординации, в частности, двумерное шкалирование (метрическое и неметрическое) и многомерное шкалирование.

Методы метрического шкалирования включают анализ главных компонент (МГК); анализ главных координат (*principal coordinates analysis*), анализ соответствия (*correspondence analysis*; расстояние оценивается по критерию хи-квадрат); бестрендовый анализ соответствия (*detrended correspondence analysis*) и др.

В группу методов неметрического шкалирования входят собственно неметрическое шкалирование (численное значение переменной заменяется ее рангом); нелинейное, или немонотонное, шкалирование; асимметричный матричный анализ (*asymmetric matrix analysis*); метод развертки (*unfolding*); анализ траекторий (*path analysis*), выявляющий причинные связи между переменными, и др.

Методы многомерного шкалирования также разнообразны: канонические корреляции (*canonical correlations*); Прокрустов анализ (*Procrustes analysis*); множественный анализ соответствия; шкалирование индивидуальных расстояний (*individual distance scaling*); шкалирование с граничными условиями (*constrained scaling*); трехмерная развертка (*3-way unfolding*); непараметрический тест (*random skewer analysis*) и др.

Применение методов непрямой ординации иногда оказывается очень эффективным, однако требует от эколога большого опыта и чувства меры. Абстрактное представление

причинно-следственных связей (в отличие от прямой ординации) ограничивает четкость интерпретации результатов анализа, создает опасность их ошибочной трактовки.

9.6 Методы биоиндикации наземных и водных экосистем

Биоиндикация наземных экосистем. Антропогенные изменения биоты наземных экосистем определяются не только прямым воздействием человека, но и преимущественно антропогенным изменением параметров среды: атмосферного воздуха, почв, поверхностных и грунтовых вод. Для биоиндикации наземных экосистем наиболее часто используются показатели состояния высших растений, лишайников, мхов, почвенных водорослей, бактерий и др.

В целом, ПДК для высших растений оказываются существенно меньшими, чем для человека. Устойчивость различных растений к поллютантам атмосферного воздуха различна. По общепринятой классификации, из высших растений к категории очень чувствительных относятся хвойные (кедр, ель, сосна) и береза бородавчатая, к чувствительным липа и малина. Средней чувствительностью обладают сирень и можжевельник, а очень устойчивыми являются бересклет, бирючина, клен ясенелистный, большинство крестоцветных, зонтичных, сложноцветных, вересковых растений.

Биоиндикационное значение имеют характеристики основных ярусов фитоценоза (I – древостой; II – кустарниковый ярус; III – травяно-кустарничковый ярус; IV – ярус мхов и напочвенных лишайников): видовой состав, число особей каждого вида, средние значения высоты и диаметра ствола деревьев, сомкнутость, обилие, проективное покрытие, жизненность, изменения тканей, характерные уродства.

В России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха хвойные леса. Сосна обыкновенная считается важнейшим биоиндикатором антропогенного влияния. Наиболее информативны следующие показатели техногенного загрязнения:

- статические морфологические и анатомические показатели сосен;
- динамические показатели (величины годового прироста);
- характеристики хвои (продолжительность жизни, масса, характерные повреждения – пигментации, хлорозы, некрозы, усыхания);
- состояние генеративных органов – женских шишек (их размеры, количество, обилие семян);
- обилие и разнообразие фауны беспозвоночных – вредителей деревьев.

Лишайники являются очень надежными индикаторами загрязнения воздуха. Лихенофлора (от лат. *lichen* – лишайник) традиционно используются для биоиндикации (лихеноиндикация). Традиционно используемый термин лихенофлора не вполне верен, поскольку лишайники являются не растениями, а симбиозом гриба и водоросли и, вероятно, имеют полифилитическое происхождение. Особенно активно, гораздо более эффективно, чем сосудистые растения, лишайники накапливают металлы. Высокая чувствительность лишайников к атмосферному загрязнению обусловлена следующими факторами:

- активной кумуляцией поглощенных поллютантов (вследствие отсутствия защитных покровов и медленного вывода метаболитов);
- особой уязвимостью водорослевого компонента лишайников, пигменты которого под воздействием поллютантов быстро разрушаются.

Реакция лишайников на антропогенные воздействия видоспецифична, однако существуют и некоторые общие закономерности реакции различных крупных групп лишенофлоры на загрязнение воздуха. Так, наиболее чувствительны к внешним воздействиям эпифитные лишайники (растущие на стволах деревьев).

По-разному реагируют на загрязнение воздуха лишайники с различным строением вегетативного тела (слоевища, или таллома): накипные (или корковые), листоватые и кустистые. Слоевище накипного лишайника представляет собой корочку, прочно сросшуюся с субстратом – корой дерева, древесиной, поверхностью камней. Листоватые лишайники имеют вид чешуек или пластинок, прикрепленных к субстрату с помощью пучков грибных нитей (гиф), – ризин или отдельных тонких гиф – ризоидов. Лишь у немногих лишайников таллом срастается с субстратом только в одном месте с помощью мощного пучка грибных гиф – гомфа. У кустистых лишайников таллом состоит из ветвей или более толстых, чаще ветвящихся стволиков. Кустистый лишайник соединяется с субстратом гомфом и растет вертикально или свисает вниз. В целом, кустистые лишайники наиболее чувствительны к воздействиям (первыми исчезают из лишенофлоры при загрязнении воздуха), листоватые обладают средней чувствительностью, а накипные наиболее устойчивы и при загрязнении исчезают последними.

Для биоиндикации используются следующие характеристики лишенофлоры:

- видовой состав;
- показатели видового богатства и разнообразия лишенофлоры;
- показатели обилия (биомасса, проективное покрытие) конкретных видов и лишенофлоры в целом;
- индексы соотношения показателей обилия кустистых, листоватых и накипных лишайников;
- доля эпифитных лишайников в общих показателях обилия лишенофлоры;
- морфологические и структурные показатели (толщина и плотность слоевища, степень покрытия слоевища соредиями, которая растет при интоксикациях, пигментация, общее изменение окраски, так как появление беловатого, коричневого или фиолетового оттенков свидетельствует о патологических изменениях).

Почвенная биота (беспозвоночные, водоросли, сине-зеленые, или цианеи, грибы, бактерии и др.) специфична для различных почвенных комплексов. Поэтому изменения биотических структурных и функциональных характеристик обуславливаются не только загрязнением, но структурными изменениями почв. Реакция почвенной биоты на воздействие в зависимости от его характера и интенсивности может существенно варьировать. Так, при загрязнении малотоксичными органическими веществами в почвах интенсивно развиваются и функционально активизируются микроорганизмы-редуценты. В почвах, загрязненных токсичными поллютантами (особенно металлами и хлорорганическими соединениями), биологическая активность редуцентов ингибируется.

Биоиндикация водных экосистем. В биоте водоемов и водотоков принято выделять следующие основные сообщества гидробионтов (водных организмов):

- нейстон – сообщество нейстали водоема, т.е. поверхностного слоя воды, граничащего с атмосферой (от греч. νηiv – плавать);

- пелагос – сообщество пелагиали водоема, т.е. толщи воды (греч. πελαγος – море, пучина), которое делится на планктон (парящие – организмы, более или менее пассивно переносимые течением) и нектон (плавающие организмы);

- дрейфт (от англ. drift – дрейф) – сообщество организмов, переносимых течением водотока;

- бентос – сообщество бентали, т.е. дна и придонного слоя воды (от греч. βεηθος – глубина);

- перифитон – сообщество организмов, прикрепленных к поверхности различных предметов и других, более крупных организмов в толще воды (греч. περι – вокруг, φитον – растение).

Сообщество рыб, называемое ихтиоценозом (от греч. ιχθυζ – рыба), составляет основу нектона.

В планктоне и бентосе традиционно выделяются фито-, зоо- и бактериоценозы. Фитопланктон и фитобентос составляют водоросли и сине-зеленые. Кроме того, в фитобентос входят также макрофиты (крупные растения – водные высшие растения, мхи и крупные водоросли). Зоопланктон и зообентос представлены беспозвоночными животными.

Использование некоторых структурных и функциональных характеристик указанных сообществ (особенно фито-, зоо- и бактериопланктона и бентоса) для оценки качества водной среды (наряду с абиотическими показателями) является уже традиционным и даже обязательным (ГОСТ 17.1.3.07-82; ГОСТ 17.1.2.04-77; РД 52.24.565-96; РД 52.24.564-96; РД 52.24.420-95 и др.). Наиболее широко применяется оценка скорости аэробной деструкции органических веществ – биохимическое (или биологическое) потребление кислорода (БПК) планктоном. БПК легко определяется экспериментально, оно выражается обычно в миллиграммах кислорода, расходуемого при деструкции в единице объема воды в условиях изоляции от солнечного света за период экспозиции (обычно 5 суток). Соответствующая величина БПК обозначается БПК₅. БПК₅ является одним из шести обязательных показателей при расчете индекса загрязненности воды.

Первичная продуктивность водных экосистем и их способность к самоочищению обычно оцениваются по величине первичной продукции планктона и по соотношению скоростей образования валовой первичной продукции и деструкции (P/R).

Принятая классификация качества воды водоемов и водотоков по биотическим показателям (ГОСТ 17.1.3.07-82) учитывает следующие характеристики:

- отношение общей плотности олигохет к общей плотности сообщества зообентоса (класс Oligochaeta – малощетинковые черви; многие их виды характеризуются повышенной устойчивостью к загрязнению и гипоксии, что определяет высокое абсолютное и относительное обилие олигохет в бентосе загрязненных водоемов);

- концентрацию в воде всех бактерий и отдельно сапрофитных, т.е. активно разлагающих органические вещества;

- индекс сапробности (в модификации Сладечека) по фитопланктону, зоопланктону, перифитону;

- биотический индекс Вудивисса.

Шкала и индексы сапробности. Сапробностью называется степень загрязненности водоема органическими веществами, доступными редуцентам. Еще в начале XX в. была предложена первая шкала оценки степени загрязненности водоемов, основанная на учете присутствия в сообществах гидробионтов индикаторных видов, чьи требования к качеству среды более или менее известны. В основу шкалы сапробности положен принцип, отражающий степень оксифильности гидробионтов-индикаторов. Водоемы и отдельные участки их акватории классифицируются по степени загрязненности органическими веществами следующим образом (ГОСТ 17.1.3.07-82):

- ксеносапробная зона (I класс чистоты) – вода «очень чистая»;
- олигосапробная зона (II класс чистоты) – вода «чистая»;
- бета-мезосапробная зона (III класс чистоты) – вода «слабо (умеренно) загрязненная»;
- альфа-мезосапробная зона (IV класс чистоты) – вода «загрязненная»;
- полисапробная зона (V класс чистоты) – вода «грязная»;
- гиперсапробная зона (VI класс чистоты) – вода «очень грязная».

Система оценки сапробности постоянно модифицируется. Постоянно пополняется и уточняется перечень индикаторных видов. Введен учет обилия особей индикаторного вида, их различную индикаторную значимость. Это позволило перейти от балльной оценки сапробности к количественной, по индексу \bar{S} : гиперсапробная зона – $\bar{S} > 4$, полисапробная – $\bar{S} = 3,51 \div 4,00$, α -мезосапробная – $\bar{S} = 2,51 \div 3,50$, β -мезосапробная – $\bar{S} = 1,51 \div 2,50$, олигосапробная – $\bar{S} = 1,00 \div 1,50$, ксеносапробная – $\bar{S} < 1$.

Индекс сапробности по Пантле – Буку

$$\bar{S}_{PB} = \frac{0 \cdot N_K + 1 \cdot N_O + 2 \cdot N_\beta + 3 \cdot N_\alpha + 4 \cdot N_\Pi}{N_K + N_O + N_\beta + N_\alpha + N_\Pi},$$

где 0, 1, 2, 3 и 4 – значения индекса сапробности, соответствующие условиям ксено-, олиго-, β -мезо-, α -мезо- и полисапробности соответственно; N_K , N_O , N_β , N_α и N_Π – суммы популяционных плотностей всех видов-индикаторов ксено-, олиго-, β -мезо-, α -мезо- и полисапробности соответственно.

Индекс сапробности по Сладечку

$$\bar{S}_S = \frac{\sum_{i=1}^m (\tilde{S}_i N_i)}{\sum_{i=1}^m N_i},$$

где \tilde{S}_i – фактическая величина индекса сапробности i -го индикаторного вида; N_i – его популяционная плотность, абсолютная или относительная (доля от общей плотности всех m индикаторных видов в сообществе).

Значение \tilde{S}_i рассчитывается с учетом так называемых сапробных валентностей данного индикаторного вида χ -показателей распределения его встречаемости в пяти зонах различной сапробности. В зависимости от частоты встречаемости особей данного вида в данной зоне сапробности, значения сапробной валентности могут варьировать от 0 до 10. Таким образом,

$$\tilde{S}_i = 0,1(0 \cdot \chi_K + 1 \cdot \chi_O + 2 \cdot \chi_\beta + 3 \cdot \chi_\alpha + 4 \cdot \chi_\Pi),$$

где 0, 1, 2, 3 и 4 – значения индекса сапробности, соответствующие условиям ксено-, олиго-, β -мезо-, α -мезо- и полисапробности соответственно; χ_K , χ_O , χ_β , χ_α и χ_Π – сапробные валентности данного индикаторного вида для условий ксено-, олиго-, β -

мезо-, α-мезо- и полисапробности соответственно.

Индекс Сладечека, в отличие от индекса Патнле – Бука, дает более точную оценку, так как в расчетах учитывается фактическая величина индекса сапробности каждого из индикаторных видов \bar{S}_i .

Индекс сапробности по Ротшайну в модификации И.К. Годераша

$$\bar{S}_R = \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{S}_i N_i G_i)}{\sum_{i=1}^m (N_i G_i)},$$

где G_i – так называемый индикаторный вес соответствующего индикаторного вида, отражающий его характерность, приверженность именно к определенным условиям сапробности.

Чем надежнее свидетельствует присутствие данного вида об определенных условиях сапробности, тем выше индикаторный вес данного вида, оцениваемый по 10-балльной системе. Благодаря этому, модифицированный индекс Ротшайна дает еще более надежную количественную оценку сапробности, чем индекс Сладечека и, тем более, чем индекс Пантле – Бука.

Простой пример расчета индексов сапробности для ситуации, когда в зообентосе встречено пять индикаторных видов. На основе расчета вычислены значения трех альтернативных индексов сапробности (в скобках указаны результаты их интерпретации): $\bar{S}_{PB} = 1,61$ (ближе к β-мезосапробности), $\bar{S}_S = 1,53$ (ближе к β-мезосапробности), $\bar{S}_R = 1,40$ (ближе к олигосапробности).

Результаты расчета показывают, что использование модифицированного индекса Ротшайна позволяет заметно уточнить диагностику степени сапробности и является предпочтительным.

Биотический индекс Вудивисса введен автором в краткой и в расширенной модификациях (1964, 1977, 1981). Он был разработан для конкретного водотока (краткая модификация известна в литературе также как индекс реки Трент), но широко применяется для оценки качества вод любых малых рек. Основное достоинство индекса Вудивисса заключается в широкой доступности и простоте определения, так как он основан на учете любых представителей крупных, общеизвестных таксономических групп зообентоса:

- любой вид плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей;
- любой вид веснянок, сетчатокрылых, жуков, личинок других летающих насекомых;
- класс малощетинковые черви *Oligochaeta*;
- любой вид поденок (кроме *Baetis rhodani*);
- любое семейство ручейников;
- семейство комаров-звонцов (личинки), кроме видов рода *Chironomus*;
- род комаров-звонцов *Chironomus*.

Качество воды в водоемах оценивается следующим образом:

Оценка воды	Балл
«Грязная»	< 2
«Загрязненная»	3-5
«Слабо загрязненная»	6-7
«Чистая»	8-10
«Очень чистая»	> 10

Основные недостатки индекса следующие:

- 1) балльная оценка качества воды;
- 2) искусственность выделенных градаций;
- 3) территориальная ограниченность применения (в конкретных водотоках структуру индекса приходится корректировать соответственно составу местного бентоса по усмотрению исследователя);
- 4) учет, в основном, только органического загрязнения.

Последний недостаток характерен для всей действующей нормативно-методической базы биологического мониторинга пресноводных экосистем. Практически все используемые показатели точнее всего отражают степень загрязненности водных объектов органическими веществами, что позволяет судить о развитии процесса эвтрофирования водоемов и водотоков. В первой половине XX в., когда основная антропогенная нагрузка на водные объекты создавалась поступлением органических поллютантов и минеральных солей фосфора и азота, такая система биоиндикации была вполне адекватной. Однако в настоящее время многие водоемы испытывают преимущественно техногенное воздействие, искажающее привычный сценарий эвтрофирования или вызывающее вообще принципиально иную сукцессию гидрэкосистем.

Так, при интенсивных техногенных воздействиях эвтрофирование водоемов обычно сочетается с их ацидификацией и многокомпонентной токсификацией. Аэробные процессы биологической деструкции органических веществ часто ингибируются вследствие ацидоза и интоксикации гидробионтов (особенно при хронических отравлениях металлами и другими техногенными поллютантами метаболического действия). Следовательно, привычные симптомы антропогенной сукцессии (например, развитие гипоксии) подавляются, а могут и вообще не проявляться. Ясно, что в таких условиях обычные биоиндикационные показатели (БПК, индексы сапробности и Вудивисса и т.д.) становятся непригодными. Это требует разработки и применения новых методов биоиндикации: количественных, высокой достоверности, универсальных, гибко учитывающих специфику современных многофакторных антропогенных воздействий на гидрэкосистемы.

Важную роль играет правильный выбор биоиндикаторов. Большинство гидрэкологов обоснованно считает наиболее перспективным биоиндикатором зообентос. Поскольку седименты накапливаются в бентали, именно там наиболее резко проявляются антропогенные изменения абиотических условий водоема. Кроме того, по сравнению с другими сообществами гидробионтов, зообентос наиболее стабилен в пространстве и времени, поэтому особенно четко отражает и долго хранит следы антропогенных воздействий на конкретные биотопы и водную экосистему в целом. Характеристики планктона эффективны только для оценки краткосрочных изменений условий среды.

Мониторинг охватывает весь широкий спектр анализа наблюдений за меняющейся абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения, включая как геофизические, так и биологические аспекты, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении. В литературе, в качестве его синонима, часто встречается оборот «экологический мониторинг», где под термином «экология» понимается не конкретное научное направление, почти 140 лет тому назад очерченное Эрнстом

Геккелем, а «энвайронментология» (от англ. environmentology; или биосферология), как теоретическая основа рационального природопользования.

Поскольку сообщества живых организмов замыкают на себя все процессы, протекающие в экосистеме, ключевым компонентом мониторинга окружающей среды является мониторинг состояния биосферы или *биологический мониторинг*, под которым понимают систему наблюдений, оценки и прогноза любых изменений в биотических компонентах, вызванных факторами антропогенного происхождения и проявляемых на организменном, популяционном или экосистемном уровнях.

По определению В.С. Николаевского *биологический мониторинг – определение состояния живых систем на всех уровнях организации и отклика их на загрязнение среды*. То есть, это – система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биологических систем под влиянием антропогенных воздействий.

По определению Н.Ф. Реймерса *мониторинг биологический – слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т.д.) и оценка качества окружающей среды с помощью биоиндикаторов*.

Таким образом, трактовка понятия «биомониторинг» весьма широка: от наблюдения за самими живыми организмами, до контроля за состоянием каких-либо факторов среды при помощи живых организмов. И в последнем определении мы впервые сталкиваемся с *методом биоиндикации* как способом решения задач биологического мониторинга.

9.7 Информационные системы экологического мониторинга

Региональные эколого-информационные системы

Действующая система экологического мониторинга, выполняемого как научными учреждениями, так и федеральными контролирующими органами, малоэффективна не только по причине низкой технической оснащенности, но и, в значительной мере, в силу игнорирования современных методов управления данными и комплексной математической обработки результатов многомерных наблюдений. Остается невостребованным и с каждым годом теряется богатейший материал по гидрохимии природных водных систем, накопленный в течение десятилетий региональными службами Госкомгидромета. Очевидно, что кроме традиционных малоинформативных сводок о доле показателей, превышающих ПДК, эти данные могли бы с успехом использоваться для построения как локальных моделей сезонной и многолетней динамики водоемов, так и обобщенных моделей рационального эколого-экономического развития территориальных комплексов.

Построение любой модели экосистемы начинается, как правило, с организации оперативного и непротиворечивого доступа к массивам первичных данных экспедиционных исследований.

Полная компьютерная система, предназначенная для поддержки аналитической деятельности любого проекта (финансового, социального, экологического) должна состоять из следующих семи ступеней функционального анализа данных:

- *склеивание* данных в кучи (heaping) с использованием средств, которые обеспечивают хранение разнородной информации, ведение идентификационных справочников и сортировку сведений на три кучки: "ценную кучку" (valuable hill), "рабочую кучку" (work hill) и "навозную кучку, в которой может быть найдена жемчужина" (dung hill);

- *складирование* данных (data warehousing, DWH) и их маркирование, удобное для описания и извлечения различных семантических группировок; результат DWH представляется в виде многомерного куба, каждая точка внутри которого соответствует набору семантически однородных элементарных объектов;

- *совмещение*, комбинирование данных (combining) – создание многомерного пространства, где каждая координата соответствует элементу набора или точке куба DWH, отображенной на линейно–упорядоченные градуированные оси (только в этом пространстве могут быть установлены отношения взаимосвязи и проведен анализ на основе метрической близости);

- *компьютерная томография* или визуальный многомерный анализ (visual multidimensional analysis) – позволяет конструировать двух- и трехмерные визуальные образы (паттерны) сложных взаимосвязей между рядами данных, наблюдать динамику образования и развитие аномалий;

- *разведывательный анализ* данных (data mining) – "просеивание" информации с целью нахождения в ней особенностей и аномалий, заданных описанием шаблонов или пороговых значений;

- *восстановление зависимостей* (forecasting) по эмпирическим выборкам – математическая обработка многомерных наблюдений (статистический и прецедентный анализ, оценка тренда временных рядов и проч.);

- *принятие решений*, планирование и управление (deciding - computer aided engineering) – отображается специальной сетью «ресурсы – потоки – события».

Определим *эколого-информационную систему (ЭИС)* как региональную автоматизированную экспертную систему по экологии и природоохранной деятельности, которая включает всю располагаемую совокупность данных мониторинга и состоит из трех основных компонентов:

- системы управления базами данных (*СУБД*), обеспечивающей хранение и оперативную выборку необходимой информации (этапы "склеивания, складирования и совмещения данных");

- геоинформационной системы (*ГИС*), преобразующей информацию о территории в виде набора предметных слоев на электронной карте местности и осуществляющей пространственную экстраполяцию расчетных показателей ("компьютерная томография");

- пакета прикладных программ (*ППП*), включающего библиотеку математических методов, синтезирующих набор решающих правил (коллектив предикторов) для оценки качества экосистемы и анализа причинно-следственных связей этой оценки с факторами среды ("разведывательный анализ и восстановление зависимостей").

Приведенное нами выделение подсистем ЭИС основано на традиционной классификации компонентов программного обеспечения, разрабатываемого как российскими, так и ведущими мировыми производителями. Современные тенденции развития компьютерной технологии делают нерациональными трудозатраты каждого конкретного пользователя на разработку собственных версий СУБД, ГИС или ППП, поскольку на рынке программного обеспечения существуют многочисленные варианты соответствующих пакетов и инструментальных сред, различающихся только функциональностью, техникой внутренней реализации и стоимостью. Некоторые названия таких программных компонентов приведены ниже:

- системы управления базами данных: MS Access (в составе всемирно распространенного пакета Office), MS Visual FoxPro, Paradox, Clarion, MS SQL Server, Oracle, SyBase и т.д.;

- геоинформационные системы: ArcInfo, MapInfo, Ингео, Manifold System, ObjectLand, GeoGraph, Карта-2000 и многие другие (основные сведения о ГИС можно получить, например, в книге С.В. Шайтуры, а также на страницах Интернет "ГИС-Ассоциация" – <http://www.gisa.ru> или "Где купить ГИС и данные для них" – http://giscenter.icc.ru/digest/gis_n_data.html);

- пакеты статистических программ: Statistica, Statgraphics, SPSS, SAS, Minitab, Systat, Stadia, САНИ, Мезозавр и т.д. (обзор рынка и сравнительный анализ возможностей выполнены, например, Д.С. Сильвестровым, С.А. Айвазяном и В.С. Степановыми др.).

Большинство перечисленных продуктов имеют внутренние языки программирования и инструментальные средства визуализации информации, импорта/экспорта данных, поэтому технология создания ЭИС сводится к выбору наиболее подходящих программных продуктов, их приобретению и последующей адаптации с целью создания действительно интегрированной системы.

На сегодняшний день одной из самых трудно решаемых проблем при разработке интеллектуальных приложений, подобных ЭИС, является формализация предметной области в виде *N*-мерной информационной модели. По определению, любая модель ограничена, т.к. отбрасываются незначительные детали и выделяется суть. Именно тут и проявляется первая из проблем – оценить что важно для решения поставленной задачи, а что нет?

Согласно терминологии, принятой в теории информатики, база данных – это *«идентифицируемая совокупность взаимосвязанных данных, предназначенных для многоцелевого использования»* [ГОСТ 14.413-80].

По теории реляционных баз данных имеется обширная литература, как изданная традиционным "бумажным способом", так и представленная на страницах Интернет (например, on-line библиотека Центра Информационных Технологий – <http://www.citforum.ru>). Применительно к региональным ЭИС, под базой данных будем понимать реализованную с помощью технических средств динамическую информационную модель территории, отражающую пространственно-временную структуру, состояние и взаимосвязи между отдельными элементами моделируемой экосистемы. Разрабатываемый в Институте экологии Волжского бассейна РАН пространственно-распределенный банк экологических и экономических данных включает в себя следующую иерархию баз, образно интерпретируемую как "экологическая матрешка":

- комплексную базу данных, охватывающую;
- локальные базы по территориям и другим областям;
- частные базы данных, описывающие либо отдельные регионы (например, г. Тольятти и прилегающую территорию Ставропольского района), либо специализированные ресурсно-тематические блоки (например, динамику гидрологических характеристик Куйбышевского водохранилища).

Естественно, что при создании таких ансамблей баз данных ключевое место уделяется процессам агрегирования информации в ходе ее прохождения от максимально детализованных баз нижнего уровня к комплексным базам высшего уровня.

Состав и структура гидробиологической базы данных

Разработанная информационная система предназначена для ведения и оперативной выборки гидробиологических, гидрохимических и гидрологических данных, необходимых для комплексного анализа структурных деформаций, проходящих в изучаемой экосистеме под влиянием антропогенных воздействий, и сравнительной оценки роли гидробионтов в самоочистительных процессах водотоков.

Почти все современные СУБД основаны на реляционной (relational) модели управления базами данных, которая использует следующую терминологию:

- *отношение* (relation) – информация об объектах одного типа, например, о биологических видах, точках взятия пробы или графиках экспедиций (в реляционных базах данных отношения обычно хранятся в виде таблиц);
- *атрибут* (attribute) – определенная часть информации о некотором объекте, например, даты экспедиций или численности гидробионтов (атрибут обычно хранится в виде столбца или поля таблицы);
- *связь* (relationship) – способ, которым информация в одной таблице связана с информацией в другой таблице (например, у точек отбора проб с конкретными измерениями тип связи "один-ко-многим", т.к. в одной точке можно сделать много проб, но любая проба соотносится только с одной точкой измерения);
- *объединение* (join) – процесс объединения таблиц на основе совпадающих значений специально выделенных ключей-идентификаторов (например, информация о гидробиологических пробах может быть объединена с гидрохимическими данными по порядковому номеру экспедиции и дате измерения).

Рассматриваемая база гидробиологических данных представляет собой совокупность реляционных таблиц в формате СУБД (MS Access 97), где каждое отдельно взятое наблюдение (гидрохимический показатель или параметр обилия каждого вида в конкретной гидробиологической пробе) информационно связано со спецификацией водоема, координатами и характеристиками точки отбора проб (*географический аспект*), а также датой проведения экспедиции (*временной аспект*).

Обобщенная информационная модель базы данных, состоит из двух типов таблиц: таблиц-справочников условно-постоянного назначения, необходимых для точной рубрикации хранимых показателей (изображены овальными элементами), и информационных таблиц с первичными результатами наблюдений в период экспедиционных исследований (изображены прямоугольниками).

Для каждой пары таблицы устанавливался определенный тип отношений и технология реализации связи в виде первичных и вторичных ключей. Во всех случаях использовался тип связи "один-ко-многим", ориентированный на рисунке 10 по направлению стрелки. Например, для каждого *водного объекта* (в частности, реки) определяется некоторое подмножество "дочерних элементов" – *станций*, соответствующих пунктам отбора экспедиционных проб или постоянно действующих постам ГМО, которые не могут принадлежать никакому другому "родительскому" объекту. В тоже время, каждая река принадлежит одному "родителю" – *региону*,

объединяющему некоторое подмножество рек.

Таблицы содержательной части базы, включающие измеренные метеорологические, гидрологические гидрохимические и гидробиологические данные, кроме самого значения показателя содержат ссылки на записи справочных таблиц *Станция, Измерение и Рубрикатор показателей* (для гидробиологических данных – *Список видов*) (рисунок 10). В частности, раздел данных по макрозообентосу, который является предметом дальнейшего рассмотрения, включает данные мониторинга по 571 пробе, взятой на 247 станциях за период с 1987 по 2001 гг. Информационные описания гидробиологических объектов в точках наблюдения формируются из значений численности и биомассы 580 видов, принадлежащих к различным таксономическим группам зообентоса. Аналогичной является структура данных о представленности других биотических сообществ: фитопланктона, бактерий, зоопланктона, рыб и т.д.

Совокупности количественных гидробиологических показателей, определенных для каждого измерения, ставится в соответствие некоторое множество гидрометеорологических, гидрологических и гидрохимических данных, сопряженных по точке и времени взятия пробы. Приведем основные фрагменты рубрикатора по этим разделам:

- *общие и суммарные гидрохимические показатели:* минерализация, общая жесткость, водородный показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (еН), взвешенные вещества, сухой остаток, растворенный кислород, окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК_n, БПК₅), сумма ионов;

- *концентрации неорганических веществ:* азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, сумма минерального азота, фосфор общий, фосфаты минеральные, сульфаты, сульфиты, сероводород и сульфиды, хлориды, активный хлор, кальций, магний, цинк, железо, медь, никель, ртуть, свинец, хром, кадмий, кобальт, марганец, мышьяк, олово, свинец;

- *концентрации органических веществ:* нефтепродукты, фенолы, пестициды, формальдегид, углеводы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), смолистые вещества, хлорированные фенолы и бифенилы, α-гексахлорциклогексан;

- *сопряженные гидрологические и гидрофизические показатели:* скорость течения, глубина водоема в месте отбора пробы, температура воды в придонном слое, электропроводность воды, органолептические наблюдения (запах, мутность, цветность, прозрачность);

- *общие гидрометеорологические и гидрологические показатели:* испарение зеркала водоема, сток с плотины, уровень воды в водоеме (среднемесячный, максимальный и минимальный за период), приход воды по руслу, суммарный расход воды, температура воды на метеопосту, температура атмосферного воздуха, суммарная радиация, направление ветра, его скорость и повторяемость.

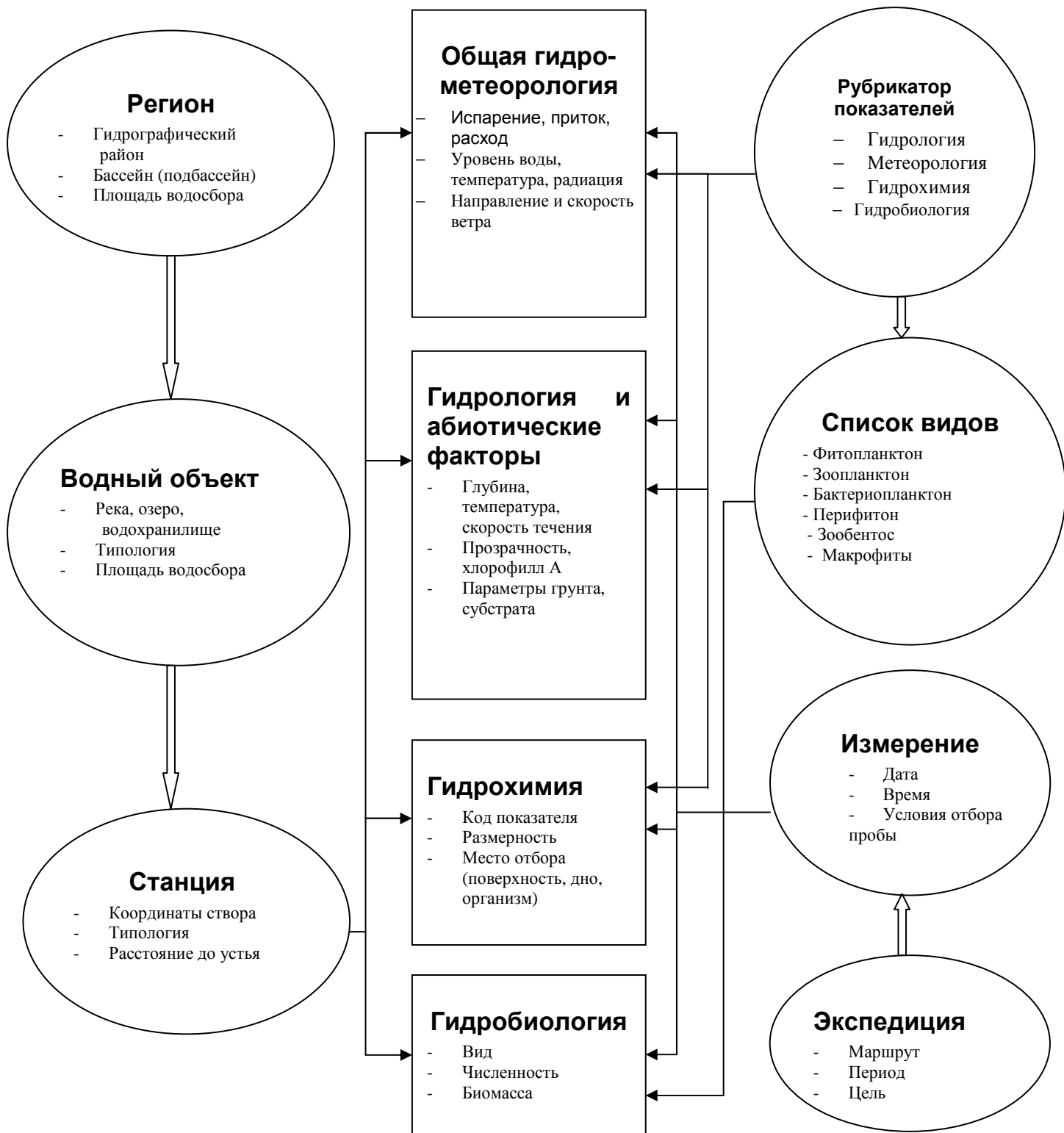


Рис. 10 – Информационная модель специализированной базы гидробиологических данных по Самарской области (Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., 2003)

Для работы с базой данных разработано программное обеспечение, реализующее традиционные в таких случаях функции:

- загрузка данных в базу, их верификация и корректировка;
- многоаспектный поиск и формирование в режиме диалога подмножества показателей по имеющимся рубрикационным полям;
- получение расчетных таблиц оценки структурных характеристик и составляющих энергетического баланса для изучаемых групп гидробионтов;
- графическое отображение на экране дисплея диаграммы пространственного распределения каждого показателя базы по створам русла водотока;
- получение новых (интегральных) показателей путем линейной комбинации подмножества других показателей, имеющихся в базе, либо по иным расчетным формулам;
- математическая обработка показателей базы с целью экологического районирования водохозяйственной системы, выявления участков водотоков, подверженных наибольшему антропогенному воздействию, оценки биотического и гидрохимического состояния природных водоемов.

Оперативная аналитическая обработка данных

Выборка показателей базы данных, предназначенная для математической или аналитической обработки почти всегда представляет собой прямоугольную таблицу. Если значения измеряемых переменных располагать в столбцах, то число таких столбцов может достигать нескольких сотен – по числу переменных. Каждая строка в такой матрице будет содержать измеренные значения упомянутых переменных в одной пробе, отобранной в определенный момент времени в определенном месте. Понятно, что число таких строк может также измеряться сотнями. Иначе говоря, исходные данные, полученные по программе мониторинга, представляют собой матрицу размерности $m \times n$, где m – число строк, n – число столбцов, и размерность эта весьма велика (см. рис. 11).

Идентификатор наблюдения			Гидрология	Гидрохимия	Гидробиология		
Реки	Станции	Даты экспедиции			Группа 1	Группа n
34 реки	247 станций	571 проб наблюдений	12 показателей	18 показателей	43		
			580 Видов (N и B)				
			Всего матрица наблюдений: 571 ×				

Рис. 11. Схема представления информации по разделу базы данных "Зообентос" в виде матрицы

Как было отмечено выше, созданию баз данных сопутствует разработка приложений и технологий, которые, в извечной борьбе математиков с "проклятием размерности", обеспечивают возможность манипулирования и анализа многомерной информации, т.е. то, что объединяется в настоящее время термином «Оперативная аналитическая обработка данных» (англ. – OnLine Analytical Processing или **OLAP**-

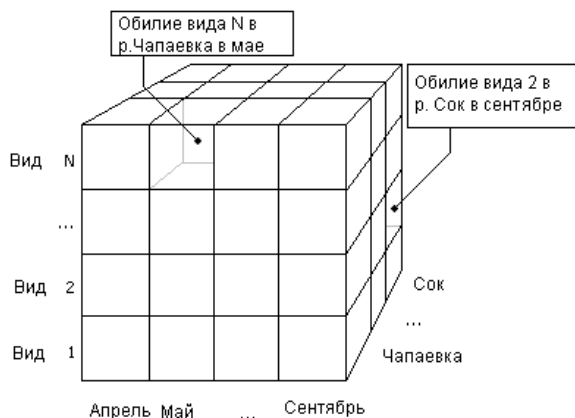


Рис. 12. Представление данных об обилии видов в OLAP-кубе в разрезе рек и с разбивкой по месяцам (Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., 2003)

ТЕХНОЛОГИЯ).

Анализируемая информация представляется в виде многомерных гиперкубов, где измерениями служат показатели исследуемого объекта, а в ячейках содержатся агрегированные данные (см. рисунок 12).

Очевидно, что некорректные исходные данные приводят к некорректным выводам. Поэтому важнейшим этапом анализа данных является их комплексная предварительная обработка: сглаживание, удаление шумов, редактирование аномальных значений, заполнение пропусков и многое другое. При этом используются алгоритмы робастной фильтрации, спектрального и вейвлет-анализа, последовательной рекуррентной фильтрации, статистического анализа. Если при этом каждое поле анализируемого набора обрабатывается независимо от остальных, то такая предобработка получила название парциальной. Более широкая трактовка термина "препроцессинг" соответствует разведывательному анализу данных, в рамках которого осуществляется отбор информативных признаков и понижение размерности входных данных путем устранения незначачих факторов. Описание конкретных алгоритмов, используемых для этих целей, и примеры их использования представлены в части 3 настоящей книги.

На пути к межрегиональным информационным системам

Дальнейшее развитие информационных и Интернет-технологий неизбежно приведет к работам по созданию федеральных и всемирных систем, обеспечивающих доступ заинтересованных лиц и организаций к данным мониторинга окружающей среды любого уровня детализации. Более того, такие работы уже активно ведутся. В этой связи представляет безусловный интерес для широкого круга практических работников и научной общественности информационная система "ЭКОЛОГИЯ ПРЭСНЫХ ВОД РОССИИ" (<http://www.ecograde.bio.msu.ru/index.htm>), разработанная на кафедре общей экологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Информационная система включает в себя следующий набор данных:

- качество пресных вод по гидробиологическим показателям (индексы сапробности для фитопланктона, зоопланктона и перифитона; биотический и олигохетный индексы для зообентоса; классы качества вод);
- экологические группировки гидробионтов и их функциональные характеристики (фитопланктон, зоопланктон, бактериопланктон, перифитон, зообентоса, макрофиты, пигментный состав микроводорослей);
- физико-химические характеристики водной среды (гидрохимические показатели, загрязняющие вещества, гидрологические параметры, температура воды).

В версии информационной системы за 2000 г. представлены:

- база данных качества пресных вод по гидробиологическим показателям за 1976-95 гг. по Азовскому, Каспийскому, Карскому, Баренцеву, Восточно-Сибирскому и Тихоокеанскому гидрографическим районам (около 13 700 записей, относящихся к 60 бассейнам и подбассейнам, 400 водным объектам и 3 000 створам наблюдений);
- база первичных гидробиологических данных о месте, дате и условиях отбора проб, таксономической принадлежности, численностях, биомассах, числе видов всех экологических групп гидробионтов, а также о пигментном составе по Азовскому (1978-87, 1991 и 1994 гг.), Каспийскому (1976, 1979-82, 1988-89, 1992 и 1995 гг.) и Карскому (1995 и 1996 гг.) гидрографическим районам (64 913 записей о 1 273 видах гидробионтов из 10 бассейнов и подбассейнов, 46 водных объектов и 250 створов наблюдения);
- база физико-химических данных о текущих, среднегодовых и экстремальных значениях примерно 80 характеристик, включающих гидрохимию, концентрации загрязняющих веществ, а также расходы и температуру воды, по Баренцеву, Азовскому, Каспийскому, Карскому, Восточно-Сибирскому и Тихоокеанскому гидрографическим районам за 1975-98 гг. (около 7 849 записей из примерно 200 водных объектов и 500 створов наблюдения).

Данные сопровождаются подробным набором картосхем с точной идентификацией точек отбора проб и маршрутов измерений.

В определенном смысле, "классикой жанра" являются работы по созданию гидробиологической информационной системы оз. Байкал, осуществляемые, начиная с 70-х годов, Иркутским государственным университетом совместно с институтами СО РАН. Разработанная база данных характеризуется продуманной организацией компьютерной обработки результатов режимных наблюдений фитоценозов и зоопланктонных сообществ на протяжении длительного периода времени (динамические ряды более 50 лет). Гидробиологические измерения сочетаются в базе с данными наблюдений развитой системы гидрохимического мониторинга, охватывающей широкий диапазон ингредиентов и характеризующейся высоким уровнем точности. Композиционная целостность и репрезентативность базы данных явились основой для математического моделирования сезонной динамики экосистемы и процессов массопереноса в озере.

10 МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Одним из главных факторов, определяющих эффективность природоохранных мероприятий, в том числе и эффективность действий по сохранению биоразнообразия, является наличие специалистов, способных получить и предоставить людям, принимающим решения (управленцам), достоверные и необходимые для принятия решений данные. При этом необходимо, чтобы и управленцы имели достаточно высокий уровень экологических знаний, а население в целом было заинтересовано в решении экологических проблем, сознательно соблюдало соответствующие законы, рекомендации и ограничения. Решение проблемы повышения экологической культуры населения, формирование внутренней потребности людей использовать свои знания и возможности без ущерба для окружающей среды и живых организмов лежит в сфере экологического воспитания и требует долговременной, целенаправленной, систематической и широкомасштабной работы. Проблема повышения уровня экологического образования управленцев более или менее успешно решается через систему повышения квалификации и переподготовки кадров. Подготовка же кадров специалистов, способных получать данные, достоверные и необходимые для принятия решений о состоянии среды обитания – во всем ее многообразии, – напрямую связана с фундаментальной и одной из самых насущных научных проблем современности – поиском критериев и пределов устойчивости различных экологических систем, вплоть до биосферы в целом. Поиск таких критериев и выявление пределов устойчивости экосистем – задача системной экологии, которая предполагает использование интегральных характеристик, обобщение уже накопленных и постоянно получаемых данных о развитии процессов в экосистемах. Получение репрезентативных данных о состоянии экосистем, о динамике изменений в экосистемах, создание банка таких данных, выявление репрезентативных точек, в которых необходимо создание постоянных станций наблюдений за состоянием экосистем, и другие сходные задачи решает экологический **мониторинг** (от англ. *monitoring*, от лат. *monitor* – предостерегающий).

Экологический мониторинг – это не только система постоянных наблюдений за состоянием среды обитания и населяющих ее организмов, но и определенная методология таких наблюдений, базирующаяся как на естественнонаучной основе (биологические, физико-химические и другие методы контроля качества среды обитания и состояния популяций и экосистем, математическое моделирование, геоинформационные технологии и т. д.), так и на основе фундаментальных социально-экономических знаний. Мониторинг биологического разнообразия (МБ) – важная составляющая часть экологического мониторинга. *МБ – это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии биоразнообразия во всех его проявлениях с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза в будущем параметров биоразнообразия, поддерживающих естественный гомеостаз экосистем, а также имеющих значение для жизнедеятельности человека.* Основными функциями МБ является контроль за состоянием биоразнообразия на различных уровнях организации биологических систем: на субклеточном (генетические, биохимические и биофизические аспекты); клеточном и тканевом (иммунологические, эмбриологические, гистологические и органные аспекты); организменном (физиологические аспекты); видовом,

популяционном и экосистемном (многообразие организмов, популяций, сообществ, ландшафтов) уровнях. Важным компонентом МБ является мониторинг качества атмосферного воздуха, воды, почвы и др. компонентов ландшафта; определение основных источников загрязнения; прогнозирование состояния основных компонентов ландшафта, а также региональных и глобальных тенденций развития хозяйственной деятельности. Мониторинг биологического разнообразия включает и такие разделы, как карантинный мониторинг, мониторинг чужеродных видов, мониторинг биозагрязнений и т. д. Методология организации МБ может сильно различаться в зависимости от конкретных задач, однако методы МБ основаны на общих принципах анализа поддержания гомеостаза биосистем на разных иерархических уровнях их организации. В предлагаемом разделе дается краткий обзор современных методов МБ со ссылками на источники более подробной информации. Значительное внимание уделено современным информационным, в том числе геоинформационным, технологиям, которым еще предстоит занять достойное место в организации МБ, и которые зачастую позволяют превратить имеющиеся неполные информационные ресурсы о состоянии биоразнообразия в полноценную информацию, вполне пригодную для первичных оценок и первичных управленческих решений.

10.1 Научные основы мониторинга биологического разнообразия

Определения и терминология

Научную основу оценки состояния и динамики биоразнообразия составляет понятие о биологических системах и гомеостазе биологических систем. **Биологические системы** – это биологические объекты различной сложности (клетки и ткани, органы, системы органов и организмы, биоценозы и экосистемы, вплоть до биосферы в целом), имеющие, как правило, несколько уровней структурно–функциональной организации. Представляя собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, биологические системы обладают свойствами целостности (несводимость свойств системы к сумме свойств ее элементов), относительной устойчивости, а также способностью к адаптации по отношению к внешней среде, развитию, самовоспроизведению и эволюции.

Любая биологическая система является динамической, в ней постоянно протекает множество процессов, часто сильно различающихся во времени. В то же время, биологические системы – открытые системы, условием существования которых служит обмен энергией, веществом и информацией как между частями системы (или подсистемами), так и с окружающей средой. Важнейшая особенность биологической системы заключается в том, что такой обмен осуществляется под контролем специальных механизмов реализации генетической информации и внутреннего управления, которые позволяют избежать «термодинамической смерти» путем использования энергии, извлекаемой из внешней среды. Устойчивость стационарных состояний биологических систем (сохранение постоянства внутренних характеристик на фоне нестабильной или изменяющейся внешней среды), а также способность их к переходу из одного состояния в другое (свойство неустойчивости стационарных состояний биологических систем) обеспечиваются многообразными механизмами саморегуляции.

В основе саморегуляции биологических систем лежит принцип обратной связи, отрицательной или положительной. Так, в цепи регулирования с отрицательной

обратной связью информация об отклонении некоторой величины от заданного уровня включает в действие механизм, который воздействует на регулируемый объект таким образом, что эта величина возвращается к исходному уровню (знак изменения ее обратен знаку первоначального отклонения). Этот механизм, а также более сложные комбинации нескольких механизмов могут функционировать на разных уровнях организации биологических систем (например, на молекулярном – ингибирование ключевого фермента при избытке конечного продукта или репрессия синтеза ферментов, на клеточном – гормональная регуляция и контактное угнетение, обеспечивающие оптимальную плотность клеточной популяции; на уровне организма – регуляция содержания глюкозы в крови, а в общем случае гомеостаз, обеспечивающий стабильность внутренней среды организма). Механизмы положительной обратной связи (воздействие на регулируемый объект вызывает изменение, совпадающее по знаку с первоначальным отклонением регулируемой величины, вследствие чего система выходит из данного стационарного состояния) лежат в основе перехода биологических систем из одного стационарного состояния в другое. В результате происходят закономерные изменения в биологических системах, обеспечивающие их адаптацию к изменяющимся внешним условиям, перемещение, другие многообразные функции биологических систем и их эволюцию.

Сложные автономные (независимые от среды) изменения биологических систем возможны благодаря множественности их стационарных состояний, между которыми могут совершаться переходы. В некоторых случаях новое состояние оказывается не стационарным, а автоколебательным, т. е. таким, в котором значения показателей колеблются во времени с определенной амплитудой.

При анализе поведения и свойств биологических систем широкое применение находят различные методы физического и математического моделирования, используются кибернетические и термодинамические подходы. Системный подход оказывается перспективным для решения многих практически важных проблем, в том числе и проблем контроля качества среды обитания, проблем заболеваний, связанных с нарушением гомеостаза.

Гомеостаз (греч. *homoios* – подобный и греч. *stasis* – неподвижность, состояние) – способность биологических систем противостоять изменениям среды и сохранять относительное постоянство состава и свойств. Идея о существовании физиологических механизмов, направленных на поддержание постоянства внутренней среды организма, была высказана еще во 2-й половине XIX века К. Бернаром, который рассматривал стабильность физико-химических условий во внутренней среде как основу свободы и независимости живых организмов в непрерывно меняющейся внешней среде. С момента возникновения жизни на Земле возникли и механизмы поддержания во внутренней среде организма специфических физико-химических условий, отличающихся от условий окружающей среды. В ходе эволюции сформировались специализированные гомеостатические механизмы стабилизации объема, ионного состава и рН жидкостей внутренней среды, механизмы, обеспечивающие постоянство концентрации осмотически активных веществ, а также белков, липидов и углеводов внутри организма. Это так называемый физиологический гомеостаз. У птиц и млекопитающих в узких пределах регулируется температура тела (изотермия). Явления гомеостаза наблюдаются на разных уровнях биологической организации.

Основное значение для поддержания гомеостаза на клеточном уровне имеют биомембраны. **Биологические мембраны** (от лат. *membrana* – кожа, оболочка,

перепонка) – структуры, ограничивающие клетки (клеточные, или плазматические, мембраны) и внутриклеточные органеллы (мембраны митохондрий, хлоропластов, лизосом, эндоплазматического ретикулума и др.). Содержат в своем составе липиды, белки, гетерогенные макромолекулы (гликопротеиды, гликолипиды) и, в зависимости от выполняемой функции, многочисленные минорные компоненты (коферменты, нуклеиновые кислоты, антиоксиданты, каротиноиды, неорганические ионы и т. п.). Основу биомембран составляет фосфолипидный двойной слой (бислой). Свободная энергия взаимодействия между фосфолипидами при плотной упаковке молекул в бислой достигает величины 10–20 ккал/м и значительно превосходит среднюю энергию теплового движения. Вместе с тем внутри мембраны наблюдается значительная подвижность липидов и белков.

Основные функции биомембран – барьерная, транспортная, регуляторная и каталитическая. Барьерная функция заключается в ограничении диффузии через мембрану растворимых в воде соединений, что необходимо для защиты клеток от чужеродных, токсичных веществ и сохранения внутри клеток определенных концентраций метаболитов. Коэффициенты диффузии веществ через фосфолипидный бислой в 10^4 – 10^6 раз ниже, чем в водных растворах. Характерная особенность биомембран – способность осуществлять избирательный перенос неорганических ионов, питательных веществ, различных продуктов обмена. Биомембраны содержат системы пассивного и активного, направленного против электрохимического потенциала, транспорта веществ. В качестве источников энергии для активного транспорта используются окислительно-восстановительные реакции (система транспорта H^+), гидролиз аденозинтрифосфата – АТФ (K^+/Na^+ -активируемая АТФаза, Ca^{2+} -активируемая АТФаза) или предсуществующие ионные градиенты (система импорта Na^+ – с аминокислотами или углеводами).

Важнейшей функцией биомембран служит регуляция внутриклеточного метаболизма в ответ на поступающие извне воздействия. Взаимодействие клеток с внешней средой осуществляется посредством специальных мембранных рецепторов (фото-, термо-, механо- и хеморецепторы). Во многих случаях при физическом или химическом возбуждении клеток увеличивается скорость поступления в клетки Ca^{2+} и активизируются мембранные ферменты. В свою очередь, эти реакции биомембран активируют ключевые ферменты метаболизма клеток и обеспечивают эффективный ответ клеток на внешние воздействия. Важным аспектом взаимодействия клеток, тканей и органов целостного организма с внешней средой является способность биомембран обеспечивать передачу электрического сигнала, которая осуществляется специальными структурами – синапсами, а также при распространении потенциала по возбудимым биомембранам. В биомембранах протекают многочисленные биохимические реакции, в первую очередь процессы энергетического обмена клеток. В так называемых сопрягающих мембранах хлоропластов, митохондрий и бактерий осуществляется преобразование энергии света (фотосинтез) или свободной энергии, освобождаемой при окислительно-восстановительных реакциях, в энергию пирофосфатной связи АТФ. Многие окислительно-восстановительные, гидролитические и биосинтетические реакции катализируют ферменты, прочно связанные с биомембранами.

На тканевом уровне в поддержании гомеостаза участвуют тканевые жидкости, в том числе кровь и лимфа. У растительных организмов в поддержании гомеостаза участвуют плазмодесмы, цитоплазматические нити, соединяющие соседние

растительные клетки, которые регулируют межклеточные потоки углеводов и других субстратов.

Гомеостаз генетический, или популяционный, – это способность популяции поддерживать относительную стабильность и целостность генотипической структуры в изменяющихся условиях среды. Достигается посредством сохранения генетического равновесия частоты аллелей (возможных структурных состояний генов).

Гомеостаз развития – способность данного генотипа создавать определенный фенотип в широком диапазоне условий.

Понятие «гомеостаз» широко используется в экологии при характеристике состояния экосистем и их устойчивости. В этом случае имеется в виду поддержание постоянства видового состава и относительного обилия видов в экосистеме. Нарушения механизмов, лежащих в основе гомеостатических процессов, рассматриваются как «болезни гомеостаза». Познавание закономерностей гомеостаза имеет большое значение для выбора эффективных и рациональных методов диагностики и контроля состояния экосистем.

Основной метод оценки состояния биологических систем – это мониторинг. По международному стандарту (СТ ИСО 4225-80) мониторинг – это многократные измерения для слежения за изменением какого-либо параметра в некотором интервале времени; система долгосрочных наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. Биологический мониторинг предполагает слежение за биоразнообразием – наличием видов, их численностью и состоянием, появлением видов, не свойственных для данных экосистем и т. д.

При осуществлении биомониторинга в целях контроля качества среды обитания, часто используют биоиндикаторы. **Биоиндикаторы** – (от греч. *bios* – жизнь и лат. *indico* – указываю, определяю) организмы или сообщества организмов, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Многие организмы весьма чувствительны и избирательны по отношению к различным факторам среды обитания (химическому составу почвы, вод, атмосферы, климатическим и погодным условиям, присутствию других организмов и т. п.) и могут существовать только в определенных, часто узких границах изменения этих факторов. Например, скопления морских рыбоядных птиц свидетельствует о подходе косяков рыб. Специфические организмы планктона и бентоса указывают на происхождение водных масс и течений, характеризуют определенные параметры среды обитания (соленость, температура и т. п.). Некоторые лишайники и хвойные деревья являются биоиндикаторами чистоты воздуха. Ряд почвенных микроорганизмов и некоторые растения служат биоиндикаторами при поисках различных полезных ископаемых. По комплексам почвенных животных можно определять типы почв и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности человека. Локальные внутривидовые группировки у многих животных, например у рыб или грызунов, характеризуются в зависимости от района обитания различными комплексами паразитов-индикаторов. При помощи биоиндикаторов устанавливают содержание в субстрате биологически активных веществ, а также определяют интенсивность различных химических (рН, содержание солей и др.) и физических (радиоактивность и др.) факторов среды. Важный аспект применения биоиндикаторов – оценка с их помощью загрязнения окружающей среды (**биотестирование**) и постоянный контроль ее качества и изменений (биомониторинг). Так, например, рядом авторов отмечено, что после аварийного разлива нефти происходит резкое

увеличение численности углеводородокисляющих бактерий (на 3–5 порядков величины). Если в чистых экосистемах они составляют обычно менее 0,1% от общего микробного населения, то в экосистемах океана, загрязненного нефтью, их доля может составить 100%. Гетеротрофные индикаторные бактерии объединяют в группы в зависимости от используемого субстрата (например, гексадекан-окисляющие, бенз(а)пирен-трансформирующие, ксилон-трансформирующие, полихлор-бифенил-транс-формирующие). Определение индикаторных групп бактерий положено в основу микробного тестирования распространения тех или иных загрязняющих веществ в различных средах. Многоклеточные организмы используются при биотестировании воздуха (обычно растения), воды (некоторые животные и водоросли), почвы (растения и почвенные животные).

Существуют различные методы биотестирования:

– фитологическое картирование – картирование числа видов и степени проективного покрытия и сравнение с эталоном, в качестве которого обычно используют заповедные территории;

– экспозиция в загрязненной среде растений или животных – биоиндикаторов и сравнение их с выращенными в нормальных условиях;

– анализ изменений в составе и численности видов в сообществах;

– анализ видимых повреждений организмов и другие методы.

Довольно часто в целях биотестирования измеряют содержание загрязняющих веществ в организмах. Этот метод связан с явлением биоаккумуляции. **Биоаккумуляция** (от греч. *bios* – жизнь и лат. *accumulatio* – накопление), синоним **биоаккумуляция** – накопление в организме загрязняющих веществ, поступающих из окружающей среды. Накапливаются обычно вещества стойкие и активно включающиеся в обменные процессы в организме. К стойким веществам (с большим периодом биологического полураспада) относятся хлорированные углеводороды, тяжелые металлы и т. д. У человека хлорированные углеводороды накапливаются в жировых тканях, а, например, кадмий – в почках. Особенно в больших масштабах биоаккумуляция обнаруживается в водных организмах, где коэффициент накопления загрязнителей по отношению к его содержанию в воде может достигать 10^3 – 10^4 и более. Многие организмы усваивают загрязнители селективно. Так, например, некоторые виды съедобных грибов накапливают кадмий морские многоклеточные организмы асцидии накапливают ванадий, а морские одноклеточные радиолярии и обыкновенный укроп накапливают стронций.

10.2 Методы оценки состояния и динамики биоразнообразия на разных иерархических уровнях организации биосистем

Биофизические и биохимические методы

Биолюминесценция

Биолюминесценция (от био и лат. *lumen* – свет, + *-escent* – суффикс, означающий слабое действие) широко распространена в природе и известна у бактерий, грибов, представителей разных типов животных – от простейших до хордовых. Биолюминесценция – это видимое свечение живых организмов, связанное с процессами их жизнедеятельности и обусловленное у значительного числа видов ферментативным окислением особых веществ – люциферинов.

У многоклеточных организмов (ракообразных, насекомых, рыб и др.) свечение часто обусловлено симбиотическими бактериями. Свечение может испускать вся поверхность тела или специальные органы. Продолжительность свечения варьирует от длительного, продолжающегося часы, до коротких вспышек, измеряемых у некоторых организмов долями секунды. Свет при биолюминесценции самых разных тонов – от голубого до красного. Биолюминесценция представляет собой один из типов хемилюминесценции: в ходе химической реакции выделяется энергия, которая не теряется в виде тепла и не сопряжена с какими-либо реакциями синтеза, а превращается в энергию электронного возбуждения молекул, способных выделять ее в виде фотонов. Как известно, хемилюминесцентные методы диагностики отличаются особой чувствительностью и представляют собой разновидность каталитических методов анализа, когда продукт реакции обладает хемилюминесцентными свойствами. Учет фонового свечения при этом проводят, анализируя пробы воды, предварительно обработанные каталазой, а также пробы с «внутренним стандартом» (малыми добавками H_2O_2).

Механизм биолюминесценции связан с окислением люциферина при участии фермента люциферазы. Энергия, необходимая для активации люциферин – люциферазной системы, освобождается при гидролизе АТФ, как правило, в присутствии кислорода. Люциферины и люциферазы у различных биологических видов не идентичны.

Для целей биодиагностики используют различные светящиеся организмы, измеряя специальными приборами изменение интенсивности свечения под действием токсикантов. Наиболее часто в качестве биоиндикаторов используют морские люминесцентные бактерии. Морские люминесцентные бактерии легко культивируются и оптимальным образом сочетают в себе различные типы чувствительных структур, ответственных за поддержание гомеостаза (клеточная мембрана, цепи метаболического обмена, генетический аппарат) с быстрым, объективным и количественным характером отклика целостной системы на интегральное воздействие ксенобиотиков. Объективный характер отклика обеспечивается тем, что люминесцентные бактерии содержат особую люциферазу, осуществляющую эффективную трансформацию энергии химических связей жизненно важных метаболитов в световой сигнал на уровне, доступном для экспрессных и количественных измерений. Отклик люминесцентных бактерий на токсические вещества достоверно коррелирует с таковым у других биологических организмов, а величина 50% тушения свечения (EC50) достоверно коррелирует с величиной 50% летальной дозы (LD50) для человека.

Для целей биодиагностики используют обычно специальные люминесцентные реагенты (биосенсоры) приготовленные на основе живых культур светящихся организмов или на основе выделенных люциферин-люциферазных комплексов. Интенсивность свечения измеряется специальными приборами люминометрами. Введение в реакционную смесь пробы с токсическим соединением вызывает спад свечения (рисунок 13).

Уровень тушения биолюминесценции пропорционален концентрации токсических веществ. Специальная светорегистрирующая аппаратура позволяет измерять интенсивность свечения реагента до и после введения неизвестного токсиканта в образце небольшого объема (0,2–0,5 мл).

Время анализа, который можно проводить в полевых условиях, обычно не превышает нескольких минут.

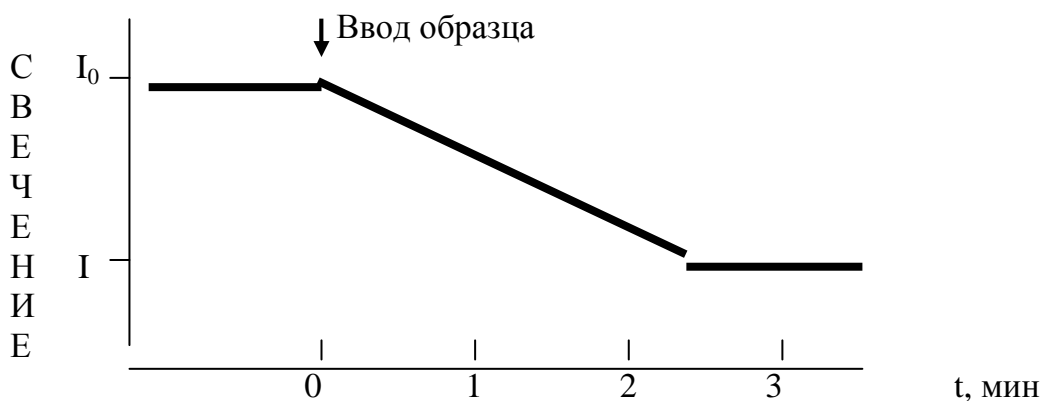


Рис. 13 – Спад свечения

Биосенсор интегрирует эффекты смесей токсикантов, обеспечивая определение общего индекса токсичности образца. Методы биолюминесценции предпочтительны в качестве первичных тестов и способны быстро ответить на вопрос: присутствуют или нет в среде токсические агенты в концентрации, опасной для человека и других живых организмов. Если промышленное предприятие выбрасывает во внешнюю среду преимущественно один тип токсического вещества, ответ биосенсора позволяет судить о концентрации данного соединения, и тогда отпадает необходимость в дополнительных методах анализа.

Биолюминесцентные методы обладают хорошей чувствительностью к разнообразным химическим соединениям, характерным для промышленных сбросов, загрязнений почвы, воды, воздуха (тяжелые металлы, фенолы, формальдегид, пестициды и т. д.).

Фотосинтетическая активность

Первичная продукция, характеризующая исходный уровень биологической продуктивности, а соответственно, и дальнейшее продвижение вещества и энергии по пищевым цепям, в подавляющем большинстве экосистем образуется за счет фотосинтеза. Фотосинтез – это образование клетками высших растений, водорослей и некоторыми бактериями органических веществ из неорганических с использованием энергии света и при участии пигментов: хлорофиллов, бактериохлорофиллов и некоторых других. Интенсивность и характер фотосинтетической активности является важнейшим показателем физиологического состояния растений. Одним из способов оценки интенсивности процессов фотосинтеза служит компьютеризованная флуориметрия, основанная на измерении интенсивности люминесценции хлорофилла. Флуоресценция (слабое свечение) возникает при электронном возбуждении молекул, поглощающих УФ-свет и испускающих затем квант света (через 10^{-8} – 10^{-9} сек). организмы, содержащие хлорофилл, излучают преимущественно в полосе 690 нм. При флуориметрии фактически оценивается интенсивность электронного транспорта через мембраны. Эта оценка адекватна показателям общего состояния фотосинтетической системы растений. Фотосинтетическую активность оценивают по изменению интенсивности флуоресценции хлорофилла при переходе фотосинтетического аппарата из активного состояния в неактивное. На примере

водорослей показана корреляция параметра переменной флуоресценции с фотосинтетической продукцией клеток фитопланктона, определенной по скорости выделения кислорода или по фиксации CO₂.

Надо отметить, что флуоресцентный метод контроля широко используют не только для определения фотосинтетической активности. Так, при анализе сточных вод, без предварительной подготовки пробы и без выделения индивидуальных органических соединений, он позволяет определить суммарное количество органических веществ в воде по величине интегральной флуоресценции в области 390-560 нм. Флуоресцентный метод также используют при определении содержания нефтепродуктов в водной среде. Нефтепродукты характеризуются широкой полосой испускания в области 460-480 нм. Предел обнаружения нефтепродуктов этим методом – 10-6%. На базе флуоресцентных методов в сочетании с лазерной оптикой разработаны приборы для дистанционного контроля состояния экосистем и содержания в них отдельных загрязняющих веществ. Эти методы наряду с другими используются в космическом мониторинге.

Генетические методы

Анализ генетических изменений может быть использован для оценки состояния среды. Появление таких изменений характеризует мутагенную активность среды, а возможность их сохранения в клеточных популяциях отражает эффективность иммунной системы организма.

В нормальных условиях большая часть генетических аномалий удаляется из популяции посредством иммунной системы организмов. Наличие таких аномалий можно использовать в качестве индикатора стресса, ведущего к продукции аномальных клеток и снижению способности иммунной системы организма их уничтожать. В качестве генетических изменений в соматических клетках обычно рассматривают различные структурные изменения хромосом, а также аномалии в количестве хромосом (анеуплоидию) и появление устойчивых анеуплоидных клонов.

Наиболее часто употребляемым в оценке качества среды тестом является тест Эймса. Для создания тест-системы Эймсом и его сотрудниками были сконструированы специальные штаммы. Все штаммы происходят от лабораторного штамма *Salmonella typhimurium* LT2, у которого были выделены ауксотрофные по гистидину мутанты his G-46 (мутация замены оснований в his G-гене гистидинового оперона), his C-3076 и his D-3052 (мутации типа сдвига рамки считывания в генах C и D соответственно).

На основе штаммов сальмонеллы были созданы полуколичественные и количественные тесты для оценки мутагенной активности. Как уже было отмечено выше, количественные тесты целесообразно использовать в целях определения частоты мутаций, а также в тех случаях, когда исследуемые вещества являются токсичными и вызывают гибель большей части клеток тест-объекта. Поэтому наиболее широкое распространение получил ставший классическим полуколичественный тест Эймса с метаболической активацией *in vitro* (или, как его иногда еще называют, тест Эймса сальмонелла/микросомы).

Принципиальная схема теста проста. В пробирку с расплавленным 0,6%-агаром вносятся определенные количества клеток тест-культуры испытываемого вещества, фракции S9 и кофакторов. В варианты без метаболической активации вместо фракции S9 вносят равный объем 0,15 М KCL. Полученная смесь выливается в качестве

верхнего слоя на поверхность твердой среды, обеспечивающей селективный рост ревертантов His⁺. Через 2-3 дня проводится учет колоний ревертантов на чашках.

Оценка результатов производится исходя из следующих критериев. Если количество колоний на опытных чашках превышает число колоний на контрольных чашках без мутагена не более чем в 1,7 раза, делается заключение, что мутагенная активность не выявлена. Если наблюдается превышение в 1,7-10 раз, делается вывод о слабой, в 10-100 раз – о средней, более чем в 100 раз – о сильной мутагенной активности препарата.

Для оценки теста Эймса сальмонелла/микросомы существенное значение имеет вопрос о совпадении канцерогенной и мутагенной активности проверяемых соединений, т. е. о чувствительности теста по отношению к канцерогенам. В опытах было показано, что 90% из 175 известных канцерогенов, выявленных в опытах на животных, проявили мутагенную активность в тесте на сальмонелле. Аналогичным образом, около 90% веществ, не проявляющих канцерогенной активности у животных, не вызывали обратных мутаций у сальмонеллы, хотя некоторая часть таких «неканцерогенов» была активна в тесте Эймса (так называемые «фальшивопозитивные результаты»). Считается, что это можно рассматривать как свидетельство его более высокой чувствительности по сравнению с тестами на животных. Следует отметить, что именно с использованием теста Эймса было проведено наиболее тщательное и систематическое сопоставление мутагенной и канцерогенной активности большого числа химических соединений.

Биоэнергетические методы

Обнаружить снижение качества среды, пока загрязнения не оказали необратимого повреждающего воздействия на организм, позволяет биоэнергетический подход.

Биоэнергетические методы основаны на том, что любой физиологический процесс требует затрат энергии. Количество энергии, затрачиваемой организмами на все физиологические процессы в единицу времени, является отражением интенсивности энергетического метаболизма, которая может быть измерена методом респирометрии. Такие анализы позволяют установить ранние изменения в физиологическом гомеостазе. Количество энергии, расходуемой на процессы роста особи в стрессовых условиях, всегда выше, чем в оптимальных, из-за дополнительных затрат энергии на компенсацию таких воздействий. Таким образом, количество энергии, расходуемой во время роста, является характеристикой качества среды.

Иммунологические методы

В последнее время иммунологические методы нашли широкое применение во многих фундаментальных и прикладных науках. Традиционно иммунологические методы применяются в клинко-диагностических исследованиях при различных патологиях человека. Однако современные научные данные свидетельствуют о том, что у всех исследованных организмов от человека до низших беспозвоночных животных иммунологические реакции во многом сходны. При изменении условий среды обитания, возникновении заболеваний или антигенного воздействия наблюдаются достоверные изменения в составе и численности иммунокомпетентных клеток (спленоцитов, макрофагоподобных клеток и др.) и, как следствие, появление в полостных жидкостях цитотоксических белков и антимикробных пептидов. Подробные описания современных иммунологических методов исследований

приведены в учебном пособии. Ниже даны краткие описания наиболее типичных иммунологических методов.

Митогенная активность спленоцитов позвоночных животных

Бласттрансформация, одна из наиболее общих реакций иммунной системы, отражает функциональное состояние спленоцитов – иммунокомпетентных клеток. Бласттрансформация представляет собой последовательность событий, в течение которых малые лимфоциты в ответ на различные стимулы претерпевают морфологические и метаболические изменения, приводящие к клеточной пролиферации и дифференцировке. Механизмы трансформации изучаются на модели поликлональной стимуляции лимфоцитов неспецифическими митогенами (веществами, вызывающими процесс митоза – деления клеток).

При постановке реакции бласттрансформации со стандартными митогенами (липополисахаридами – ЛПС, конконавалином А – КонА и др.), активирующими большую часть В- или Т-клеток в зависимости от вида митогена, ингибирование реакции может указывать на нарушение иммунологического статуса организма. Тест на способность лимфоцитов вступать в бласттрансформацию под влиянием поликлональных митогенов используют для оценки функционального состояния иммунной системы при различных заболеваниях, например иммунодефицитных состояниях (СПИД) и опухолевом росте. Показано, что в присутствии Т-митогенов цитотоксические Т-клетки обладают специфическим действием на присутствующие клетки-мишени. Наиболее распространенным методом оценки реакции бласттрансформации является измерение уровня синтеза ДНК с использованием радиоактивных изотопов.

5'-нуклеотидазная активность макрофагов

5'-нуклеотидаза – один из основных ферментов пуринового катаболизма, присутствует в цитоплазматической мембране макрофагов. Имеются данные о значении 5'-нуклеотидазы в усвоении нуклеотидов, в энергетическом обеспечении клеток, в реализации генетической информации. 5'-нуклеотидаза играет важную роль в восприятии клетками сигналов, идущих из окружающей среды. Об этом свидетельствует сам факт мембранной локализации этого фермента, а также то, что 5'-нуклеотидаза является важным регулятором уровня циклического АМФ. Последний, как известно, является многоцелевым мессенджером (курьером), т. е. обеспечивает передачу сигналов от наружной мембраны внутрь клетки. При ряде иммунодефицитных состояний отмечена неполноценность данного фермента или отсутствие его в лимфоидных клетках. Продукт 5'-нуклеотидазы – аденозин – рассматривают в качестве одного из важных регуляторов многих физиологических функций, в том числе иммунологической.

Установлено, что 5'-нуклеотидаза является одним из факторов естественной устойчивости (резистентности) организма. Имеются сведения о взаимосвязи активности 5'-нуклеотидазы с уровнем естественной резистентности организма к инфекции, с радиорезистентностью животных.

Активность 5'-нуклеотидазы связана с состоянием нейроэндокринной системы, она зависит от уровня глюкокортикоидов в крови и показателей белкового обмена. Показана разнонаправленность изменений активности 5'-нуклеотидазы при иммуностимулирующих и иммуносупрессирующих воздействиях. При

иммуностимуляции наблюдается снижение ферментативной активности, при иммуносупрессии – увеличение активности 5'-нуклеотидаз.

Применение иммунологических методов при изучении иммунозащитных реакций у рыб и беспозвоночных животных

Показано, что врожденный иммунитет млекопитающих во многом соответствует таковому у низших позвоночных и беспозвоночных животных и представляет собой совокупность реакций неспецифической антимикробной защиты, которая действует практически без латентного периода, с высокой эффективностью и избирательностью распознавания «своего» и «чужого».

Антимикробные белки фагоцитов, гемоцитов и жидких сред организмов являются физиологически активными веществами, участвующими в реализации и обеспечении взаимодействия защитных реакций при фагоцитозе, воспалении и стрессе. В соответствии с современными взглядами, к фагоцитам животных относятся нейтрофилы, эозинофилы, моноциты и их тканевые формы (макрофаги, купферовы клетки, дендритные клетки и т. д.).

Эти клетки объединены в единый функциональный тип благодаря наличию у них ряда общих структурно-метаболических свойств и стереотипности поведения в фагоцитарном процессе. Биохимическая специализация фагоцитов заключается в присутствии у них развитого лизосомального (гранулярного) аппарата, где депонируются физиологически активные вещества антибиотического действия, среди которых ведущую роль в уничтожении микроорганизмов играет группа катионных белков, таких как миелопероксидаза, лактоферрин, эластаза, катепсин G, лизоцим, дефенсины и др. Катионные полипептиды, которые осуществляют первичную защиту животных от инфекций и ухудшения условий среды обитания, представлены в природе от простейших до человека. При ухудшении условий среды обитания и при атаке чужеродных агентов, как в полостных жидкостях беспозвоночных животных, так и в сыворотке крови позвоночных происходит резкое нарастание фагоцитирующих клеток и, как следствие, антимикробных белков и катионных полипептидов, которые осуществляют нейтрализацию стресса или гибель внедрившихся чужеродных агентов.

Исследование динамики реакций врожденного иммунитета у водных животных, в частности определение концентрации гемоцитов и лизоцима, обнаружение новых белков в сыворотке и полостных жидкостях, сравнение этих параметров с нормой, позволяет достоверно обнаруживать изменение условий среды обитания или появление заболеваний.

В качестве наиболее часто используемых тест-объектов можно назвать радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*), у которой исследуют сывороточный лизоцим – фактор неспецифического иммунитета рыб (определяют его концентрацию и сравнивают концентрацию фермента в контрольных и опытных группах); моллюсков (мидия *Mytilus edulis*) – у них исследуют гемолимфу и взвесь клеток печени; иглокожих (морская звезда *Asterias rubens*) и некоторых ракообразных, у которых исследуют полостную жидкость.

Морфологические методы

Морфологические изменения, как правило, сопутствуют достаточно длительному воздействию загрязнителей на экосистемы и наблюдаются, в первую очередь, у организмов, наиболее чувствительных к данному виду загрязняющих веществ.

Флуктуирующая асимметрия

Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Такие различия являются результатом случайных событий в развитии организма. При нормальных условиях развитие защищено от таких случайностей и асимметрия минимальна. При стрессе эффективность защитных механизмов снижается, что приводит к повышению уровня асимметрии. Например, исследуется разница между количественными признаками (числом шипиков, члеников, пятен, жилок, и т. п.) на правой и левой половине тела у животных, взятых с загрязненных и чистых (контрольных) территорий. При анализе асимметрии широко используются стандартные статистические методы.

Фенодевианты

Фенодевиантами называются фенотипы – варианты проявления признака, отличающиеся от условно нормального, обычно встречающегося в природе. Их появление обычно является результатом значительных нарушений развития. Например, загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами увеличивает число соцветий с малым числом язычковых цветков у поповника обыкновенного. Частота встречаемости отклоняющихся от нормы фенотипов в популяции служит показателем эффективности гомеостаза развития. При анализе фенодевиант также широко используются статистические методы.

Фрактал-анализ

Фрактал-анализ дает возможность с помощью определенного математического аппарата исследовать нарушения в сложных процессах формообразования, закономерности которых в течении всего периода жизни остаются постоянными, т. е. могут быть описаны одной и той же системой уравнений. Например, расположение колец на чешуе рыб вдоль продольной оси представляет собой сложную волновую структуру, фрактал-коэффициент которой должен уменьшаться при усилении стрессовых воздействий на объект исследования.

Патологоанатомические и гистологические методы

Общая анатомия и гистология внутренних органов

Гистологическое исследование внутренних органов является хорошим методом для обнаружения влияния сильных токсических агентов, при воздействии которых происходят серьезные перестройки в структуре и функции клеток, которые могут быть зарегистрированы на тканевом уровне. Крайними вариантами подобных перестроек могут явиться злокачественный рост, дегенеративные изменения или появление некротических очагов – отмирание клеток.

Гистология репродуктивной системы

Отдельно следует отметить важность изучения репродуктивной системы, любые изменения которой непосредственно связаны с жизненно важными параметрами популяций. Репродуктивная система очень чувствительна к стрессовым воздействиям, и любое нарушение развития половых клеток и гонад можно рассматривать как сигнал о наличии неблагоприятных изменений. Особенно широко эти методы используются для оценки последствий различных видов стрессового воздействия в отношении рыб.

Токсикологические методы

Токсикологические методы подразумевают оценку токсичных свойств веществ с использованием модельных живых систем. Оценка токсичности производится в лабораторных условиях для целей нормирования, токсикологического контроля, анализа общих закономерностей действий токсических веществ и т. п. Конечной целью токсикологического контроля является определение действия токсических веществ на популяции и целые экосистемы, хотя при этом отдельные особи, используемые в токсикологических исследованиях, представляют собой, естественно, лишь элементы экосистем. Поэтому общим показателям роста, выживаемости, плодовитости и качества потомства в таких исследованиях отводится роль основных. В качестве тест-систем используют обычно культуры водных организмов: ракообразных (дафнии), водорослей или бактерий. Эти методы не требуют сложного оборудования, могут быть стандартизованы, но они достаточно продолжительны (до нескольких недель). В последнее время при сохранении определяющей роли основных показателей все чаще при токсикологических исследованиях применяют показатели тонких нарушений в клетках и тканях, получаемые различными биохимическими, биофизическими и другими методами исследования.

Эмбриологические методы

Эмбриологические методы диагностики базируются на том обстоятельстве, что наиболее уязвимыми к воздействию внешних факторов являются ранние стадии развития многоклеточных организмов. На стадии дробления и на стадии формирования зародышевых органов и тканей даже незначительные воздействия, как правило, приводят к видимым уродствам на более поздних стадиях или даже гибели зародышей. В качестве тест-объектов обычно используют быстро развивающихся и дающих многочисленное потомство животных (рыбы, моллюски, земноводные, насекомые). При выборе объекта учитывают легкость культивирования.

Эмбриологические методы могут служить очень тонким индикатором для диагностики, в том числе и для количественных оценок состояния среды.

Паразитологические методы

Биоразнообразие симбионтов (паразитов, комменсалов, мутуалистов), как правило, значительно превышает разнообразие их хозяев. Так, на Большом Барьерном рифе водится около 2000 видов рыб, а их паразитофауна представлена более чем 20000 видов; три вида австралийских промысловых креветок в качестве симбионтов имеют 38 видов организмов из разных систематических групп. Помимо уточнения оценки биоразнообразия по числу видов, учет симбионтов позволяет получать достоверную информацию о качестве среды, так как степень интенсивности инвазии (относительное количество хозяев, имеющих симбионтов) и экстенсивность инвазии

(среднее количество симбионтов на хозяине) напрямую зависит от условий, в которых находится популяция хозяев. Многие симбионты более чувствительны к изменениям внешней среды, в частности симбионты водных организмов – к загрязнению и опреснению, а симбионты наземных организмов – к радионуклидам. При оценке разнообразия фауны симбионтов и паразитофауны, в частности, широко используют статистические методы. Учет симбиотических, в том числе и паразитических, организмов значительно увеличивает достоверность оценок биоразнообразия, позволяет более точно оценить характер динамических процессов в экосистемах и может быть рекомендован в качестве обязательной части исследования биоразнообразия.

Популяционные и экосистемные методы

Для целей диагностики и мониторинга среды обитания, в качестве популяционных и экосистемных методов, определяют такие показатели, как численность и биомасса отдельных видов, возрастной и половой состав популяций, пространственное размещение отдельных компонентов биологических сообществ, видовой состав и видовое разнообразие сообществ. Иногда ограничиваются определением соотношения численностей или биомасс различных таксономически или функционально близких групп видов в сообществах (например, отношение суммарной численности планктонных ракообразных к численности коловраток, соотношение обилия беспозвоночных хищников и детритофагов в почве).

При анализе численности, биомассы, возрастного и полового состава, а также пространственного размещения для целей биодиагностики и мониторинга часто используют виды, чувствительные к воздействию – виды-биоиндикаторы. Показатели, получаемые в результате обследования нарушенных или загрязненных территорий, сравнивают с эталонными для данных видов, полученными на чистых и ненарушенных (заповедных) территориях. При анализе широко используются стандартные статистические методы. Надо отметить, что для получения более достоверных долгосрочных прогнозов необходимо наряду с видами-индикаторами отслеживать и изменения, происходящие в популяциях устойчивых видов, способных выдерживать различные дозы воздействий в течение длительного времени. Показатели структуры сообществ, применяемые для целей биодиагностики и рассматриваемые ниже, имеют перед популяционными ряд преимуществ. Эти преимущества связаны, прежде всего, с возможностями получения быстрой и достаточно точной интегральной оценки «здоровья» среды, а также с возможностью, в ряде случаев, диагностировать причины изменений, происходящих в экосистемах.

10.3 Видовое разнообразие

Видовое разнообразие (ВР) – одна из важнейших характеристик сообщества, отражающая сложность его видовой структуры. До недавнего времени считалось, что ВР как характеристика структурной сложности связано с устойчивостью биоценоза и может отражать степень его нарушенности, обеспеченность энергией, степень стабильности среды и др. Однако накопленный за последние 30 лет фактический материал свидетельствует о том, что прямой связи между сложностью (разнообразием) и устойчивостью сообществ может и не быть. Во всяком случае, уменьшение ВР данного сообщества свидетельствует об упрощении его видовой

структуры и о нарушении соотношений между видами по обилию, поскольку ВР включает в себя два компонента – видовое богатство (насыщенность сообщества видами) и выравненность видовой структуры (степень равномерности распределения видов по обилию). Количественными мерами ВР являются различные индексы ВР.

Существует множество (более 30) различных индексов для измерения тех или иных аспектов ВР. Здесь мы приводим лишь наиболее хорошо зарекомендовавшие себя на практике и принятые в качестве нормативных показатели индексы в системах природоохранной службы ряда государств. При вычислении индексов используется число видов в выборке W , величины их обилия N_i (численности, биомассы или другие меры обилия) и суммарное обилие $N = \sum N_i$.

Простейшим показателем видового богатства является общее число найденных видов (W). Однако этот показатель зависит от объема выборки и общего числа учтенных организмов (N), что делает его мало пригодным в качестве индекса ВР. Поэтому обычно каким-либо образом нормируют число видов по числу особей в сообществе (в выборке). Это обстоятельство учитывают:

Индекс Менхиника: $I = W / \sqrt{N}$;

Индекс Маргалефа: $I = (W - 1) / \log_2 N$.

Значения обоих индексов возрастают с ростом числа видов в выборке. Надо подчеркнуть, что N – это именно число особей, подсчитанное при анализе пробы, а не общая численность, рассчитанная на единицу площади или объема, т. е. не то число, которое обычно приводят в отчетах или статьях, посвященных описанию сообществ и их динамике.

К индексам, учитывающим оба компонента ВР – как число видов, так и характер их распределения по обилию (выравненность), относятся индекс Симпсона и индекс Шеннона–Уиверра.

Индекс Симпсона:

$$L = I - \sum \frac{W \cdot N_i \cdot (N_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$$

Индекс Шеннона:

$$H = - \sum \frac{W}{N} \cdot \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

где N_i – обилие i -го вида; N – суммарное обилие всех W видов.

Индекс Симпсона более чувствителен к изменению обилия самых массовых видов, индекс Шеннона – напротив, к изменениям в обилии редких видов. Поэтому первый предпочтительнее, если исследователя, в первую очередь, интересует характеристика сообщества по доминирующей группе видов. Поэтому его относят к числу так наз. индексов доминирования. Среди последних, по-видимому, практически наиболее удобен обратный индекс Бергера – Паркера, который представляет собой отношение суммарного обилия видов в сообществе к обилию наиболее многочисленного вида: $I_{BP} = N / N_{\max}$.

Индекс Шеннона пользуется неоправданно широкой популярностью, хотя он не имеет каких-либо преимуществ (в особенности при использовании для анализа данных экологического мониторинга) по сравнению с другими интегральными характеристиками сообществ.

Модели ранговых распределений

В любом сообществе есть виды более обильные и более редкие, причем обильных обычно меньше, чем редких. Ранговым распределением (РР) называется распределение видов (или других групп) по обилию, где виды ранжированы по мере убывания их обилия. Вид РР представляет собой эмпирический закон, отвечающий природе изучаемого экологического объекта. Для объяснения распределений обилия, наблюдаемых в природе, предложено несколько (в настоящее время – более 10) моделей, основанных на различных предпосылках. Эти модели отражают гипотетические представления их авторов о процессах формирования данной видовой структуры, то есть о причинах наблюдаемого соотношения видов. РР могут служить удобным «инструментом» для сравнительного анализа состояния сообществ.

Каждой теоретической модели соответствует определенная форма кривой РР и, соответственно, определенный тип видовой структуры. Разные совокупности видов порождают и разные кривые РР. Сравнивая эти кривые, можно зафиксировать изменения видовой структуры. Непосредственным объектом анализа может быть форма РР или при неизменной общей форме – количественные значения его параметров. Форма РР может характеризовать тип сообщества, сезонные изменения и стадию сукцессии, степень нарушенности среды обитания. В нормальных условиях параметры РР менее лабильны, чем иные характеристики сообщества, например число видов, численность или биомасса. Однако иногда удается выявить сдвиги в видовой структуре раньше (или при меньших концентрациях загрязнителя), чем по численности или числу видов. Конечно, предварительно нужно установить форму и пределы изменчивости РР для ненарушенных сообществ.

Подробные описания наиболее популярных моделей РР приведены в разделе I. Биологическое разнообразие и методы его оценки а также в книге «Экологическое разнообразие и его измерение».

Здесь мы лишь упомянем некоторые из них. Эти модели просты, и часто вполне удовлетворительно описывают различные типы ранговых распределений в природных сообществах. Следует, однако, оговориться, что в подавляющем большинстве случаев предметом исследования в работах, в которых были использованы ранговые распределения, были не сообщества (в том смысле, который вкладывал К. Мебиус в термин «биоценоз»), а группы видов, сходные либо по их образу жизни (например, фитопланктон, зоопланктон), либо по таксономической принадлежности («сообщество» птиц или жуужелиц в какой-либо экосистеме), либо по принадлежности к одной и той же жизненной форме (деревья в конкретном лесу).

Модель «Разломанного стержня» (вариант 1)

Модель «разломанного стержня» («Broken-stick model») предложена Р. Макартуром. Она основана на следующих предпосылках: W видов случайно делят среду между собой так, что занимают не перекрывающиеся, но тесно прилегающие друг к другу экологические ниши. Обилие каждого вида N_i пропорционально ширине его ниши. Если среду представить в виде отрезка единичной длины, на долю каждого вида выпадет один из W сегментов этого отрезка, разделенного случайно в $W-1$ точках. Так должны быть распределены по длине кусочки совершенно однородной стеклянной палочки, разбившейся при падении на пол – отсюда название модели.

Тогда ожидаемая доля i -го вида в сообществе равна:

$$N_i = 1/W \cdot \sum_{k=i}^W (1/k) \cdot \sqrt{W}$$

График РР может быть приблизительно представлен прямой в координатах «обилие – логарифм ранга». Угол наклона прямой определяется только общим числом видов W (и поэтому сильно зависит от объема выборки). Других параметров модель не содержит.

Модель «Разломанного стержня» (вариант 2)

Также предложена Р. Макартуром. Представляет собой модификацию описанной выше модели для случая частично перекрывающихся экологических ниш видов при полностью используемой среде (без промежутков между нишами). Ожидаемая доля обилия i -го вида равна:

$$N_i = (\sqrt{W_{(i+1)}} - \sqrt{W_i}) / \sqrt{W}.$$

График представляет собой вогнутую кривую в координатах «ранг – логарифм обилия», форма которой зависит только от общего числа видов W (т. е. также определяется в значительной мере объемом выборки, а не особенностями экологических отношений видов в «сообществе»). Других параметров модель не содержит.

Модель геометрических рядов

Впервые предложена Й. Мотомурой (1932). Экологическая интерпретация этой модели основана на гипотезе «преимущественного захвата ниш»: первый вид – доминант занимает k -ую долю общего количества ресурсов, второй вид – k -ую долю ресурсов, не занятых первым видом, и так далее. Обилие вида пропорционально доле ресурсов, доставшихся ему. Модель приводит к более неравномерному распределению обилия видов, чем модель «разломанного стержня» Мак Артура. Распределение обилия видов образует геометрическую прогрессию, где численность i -го вида равна:

$$N_i = K \cdot Z^{i-1}.$$

График представляет собой прямую линию в координатах «логарифм обилия – ранг вида». Модель содержит два параметра: K – обилие 1-го, наиболее обильного вида; и Z – доля обилия i -го вида от обилия предыдущего. Модель приводит к более неравномерному распределению обилия видов, чем модель «разломанного стержня» Макартура. Параметр Z модели отражает степень выравниваемости видовой структуры и может служить индексом видового разнообразия.

Гиперболическая модель

Предложена А. П. Левичем (1977). Теоретически выводится из модели структуры сообщества, лимитированного потребляемыми ресурсами, при логарифмическом распределении потребностей отдельных видов. Приводит к более неравномерному распределению обилия, чем предыдущие модели. По сравнению с моделью Мотомуры, гиперболическая модель лучше описывает более сложные, «целостные» сообщества, выборки большего объема или усредненные по времени или пространству данные. Ожидаемая доля обилия i -го вида:

$$N_i = K \cdot i^{-b}.$$

График РР представляет собой прямую в координатах «логарифм обилия – логарифм ранга». Модель содержит два параметра: K – обилие первого вида; b – мера выравнивания видов по обилию. Интерпретация модели аналогична модели геометрических рядов, однако, согласно гиперболической модели, обилия первых видов убывают более резко, а обилия редких видов – более плавно (первая предполагает линейную, а вторая – логарифмическую зависимость потребности в лимитирующих факторах от ранга). По сравнению с моделью Мотомуры, гиперболическая модель лучше описывает более сложные, «целостные» сообщества, выборки большего объема или усредненные по времени или пространству данные. Параметр b модели также аналогичен по смыслу параметру Z предыдущей модели и также может применяться как индекс видового разнообразия.

Процедуры оценки моделей

Соответствие каждой теоретической модели рангового распределения реальным данным оценивается по двум критериям, взаимно дополняющим друг друга.

1. Квадрат коэффициента линейной корреляции между реальными и теоретическими значениями обилия (% общей дисперсии, объясненной моделью). Чем ближе его величина к 100%, тем лучше соответствие модели.

2. Сумма квадратов отклонений реальных значений от модельных. Чем меньше эта величина, тем лучше соответствие модели. В случае, когда качество аппроксимации двумя (или более) моделями приблизительно одинаково по обоим указанным критериям, можно использовать любую из них.

Оценка параметров моделей и их ошибок

Оба варианта моделей Макауртура являются беспараметрическими. Для оценки параметров двух других моделей при расчетах без применения персонального компьютера используется процедура приведения их к линейному виду:

$\log N_i = \log K + (i - 1) \cdot \log z$ – для модели геометрических рядов;

$\log N_i = \log K - b \cdot \log i$ – для гиперболической модели,

где N_i – относительное обилие вида с рангом i ; K , z , b – параметры. После линеаризации оценка параметров и их стандартных ошибок проводится методом наименьших квадратов для линейной регрессии. Необходимо различать ошибки параметров данной линии регрессии, о которых шла речь выше (связанные с качеством аппроксимации данного набора чисел), и ошибки, связанные с выборочными флуктуациями (различия между разными пробами, ограниченный объем выборок, погрешности в определении численностей и пр.). Для учета таких ошибок рекомендуется обрабатывать данные в нескольких параллельных пробах. При этом погрешности в параметрах ранговых распределений обычно бывают меньше, чем погрешность иных характеристик сообщества (таких, например, как общая численность, биомасса или число видов).

При наличии компьютера, имеющего соответствующее программное обеспечение, более корректно определять параметры ранговых распределений методами нелинейного оценивания и при этом, в отличие от традиционного подхода, в качестве независимой переменной лучше рассматривать обилие вида, а в качестве зависимой – его ранг. Следует также заметить, что, независимо от типа распределения видов по обилию в любой конкретной пробе, такое распределение обязательно имеет «хвост», образованный редкими видами, представленными в пробе единичными особями. Их попадание в пробу следует рассматривать, как совершенно

случайное, а поэтому оно скорее всего должно подчиняться распределению Пуассона. С точки зрения статистики, вопрос, как отличить редкие виды (по отношению к которым ранжировка по обилию вряд ли имеет экологический смысл) от «нередких», является весьма не простым и, во всяком случае, для его решения нельзя предложить какой-либо рецепт, пригодный на все случаи жизни.

За последние 30 лет в отношении экологов к ранговым распределениям произошла определенная «переоценка ценностей». Вообще говоря, серьезная критика в адрес этого подхода высказывалась с самого начала их внедрения в практику экологических исследований. В частности, в ответ на такую критику модели разломанного стержня со стороны Е. Пиелу еще в 1966 году Р. Макартур признал, что «модель служит грубым приближением экологии сообществ, которой нужно позволить умереть естественным путем». Теперь, почти 40 лет спустя мы, по-видимому, являемся свидетелями этого умирания. Характерно, что в одной из последних монографий, посвященных экологии сообществ, из более чем 400 страниц ранговым распределениям посвящено всего 2. Автор подчеркивает, что сделал это главным образом из уважения к исторически сложившимся традициям, а вовсе не потому, что применение этих распределений при изучении сообществ дает какие-либо полезные результаты.

АВС-метод

Метод сопоставления численности и биомассы (Abundance – Biomass Comparison, АВС) предложен Р. Варвик для индикации нарушений в структуре сообщества. В стабильных зрелых сообществах обычно преобладают сравнительно крупные виды животных с «медленной» динамикой (К-стратегии), тогда как в нарушенных сообществах, в нестабильной среде, доминируют, как правило, более мелкие формы с высокой скоростью размножения, с выраженной способностью к колонизации, с высокой, но изменчивой численностью («пионеры», или г-стратегии). На этом и основан АВС-метод сопоставления кривых. По оси Х откладываются (в логарифмической шкале) ранги (номера) видов в порядке уменьшения численности (биомассы), а по оси Y – соответствующий накопленный процент численности (биомассы) сообщества. В стабильных ненарушенных сообществах кривая для численности лежит ниже кривой для биомассы, в сильно нарушенных сообществах – выше. Состояния неустойчивого равновесия или восстановления сообществ после стресса, когда происходит перестройка размерной структуры, дают приблизительно совпадающие или пересекающиеся кривые.

В дополнение к графической информации Мейр и Дерс предложили цифровой индекс:

$$ABC = \sum (B_i - N_i)/W,$$

где B_i и N_i – накопленные % биомассы и численности i первых по порядку видов, а W – общее число видов. Положительные значения индекса соответствуют ненарушенным, отрицательные – нарушенным сообществам. Этот индекс является весьма чувствительным индикатором естественных нарушений среды обитания и антропогенных стрессов (загрязнения, заморы, дампинг грунта и т. п.). Считается, что он может быть полезен при мониторинге восстановления сообществ после катастрофических загрязнений или стрессового влияния.

Преимущества метода:

– отражает изменения в структуре сообществ более быстро и четко, чем методы, основанные на консервативных показателях – видовом богатстве и

разнообразии;

- прост; не требует детального изучения биологии конкретных видов;
- для анализа достаточно 10-15 массовых видов, что исключает необходимость в кропотливых таксономических исследованиях.

Отметим, что метод следует с осторожностью применять в ситуациях, когда в норме преобладают мелкие организмы с высокой, но изменчивой численностью, а также в районах с постоянным стрессовым воздействием среды. При использовании метода следует принимать во внимание сезонные эффекты, связанные с колебаниями численности молодежи некоторых видов; существенное значение имеют предельные размеры организмов, включаемых в рассмотрение (например, совместное рассмотрение микро- и макроорганизмов может привести к не интерпретируемым результатам).

Рекомендуется:

- 1) использовать для контроля одно или несколько предварительно выбранных «эталонных» сообщества;
- 2) подбирать такие группы организмов, средние размеры и обилие которых наиболее реально отражают функциональное состояние биоты на минимальных площадях, что позволяет существенно снизить затраты на проведение работ.

10.4 Геоинформационные системы – интегрирующее ядро мониторинговой системы биоразнообразия

Цель формирования и ведения мониторинговой системы, как это определяется в документе «Национальная стратегия и План действий по сохранению биоразнообразия России, 2001», прежде всего связана с инвентаризацией биоразнообразия на популяционном, видовом и экосистемном уровнях, инвентаризацией почв, а также с выявлением и оценкой состояния особо ценных, редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов биоразнообразия, и в первую очередь в регионах с высокой степенью деградации экосистем для последующих управленческих воздействий на природные, политические, социальные и экономические механизмы, позволяющие обеспечить сохранение биоразнообразия на Земле. Система мониторинга не должна ограничиваться только собственно вопросами биоразнообразия (это не изолированная система). Более того, можно говорить о том, что мониторинговая система сможет дать основу для научного и практического воплощения концепции «устойчивого развития» территорий и, в ее рамках, обеспечения сохранения биоразнообразия.

Вначале обратимся к определению географических информационных систем (ГИС). Согласно одному из них, это «интерактивные системы, способные реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение и распространение данных, а также получения на их основе новой информации и знаний о пространственно-временных явлениях». Легко заметить, что геоинформационные системы по своим функциям могут служить основой для создания систем мониторинга биоразнообразия. В задачи информационного обеспечения на основе ГИС должно входить: определение и оценка биоразнообразия; разработка рекомендаций по социально-экономическому развитию территорий с учетом экологических возможностей территории, в частности сохранения биоразнообразия; разработка рекомендаций по сохранению биоразнообразия и др.

Информационное обеспечение сохранения биоразнообразия предполагает следующее:

- анализ существующих источников информации и создание на их основе оптимальной, с точки зрения ее пользователей, мониторинговой структуры;
- анализ и интегрирование различных типов данных – литературных, статистических, картографических, аэро-, космических и др;
- сбор данных на локальном, региональном, федеральном и глобальном уровне по всем направлениям, имеющим отношение к биоразнообразию и их упорядочение в виде гипермедиальной структуры;
- аккумуляирование сведений отраслевых подсистем биоресурсов (земельных, лесных, водных и др.);
- систематизацию, хранение и защиту данных от несанкционированных доступов;
- поддержание данных на современном уровне (их актуализацию) и организацию системы информационного мониторинга;
- решение организационных задач по оптимизации информационных потоков по вертикали (с глобального и федерального уровней на региональный и локальный и наоборот) и горизонтали (обмен данными между субрегионами);
- контроль за функционированием информационных потоков;
- математическую обработку данных и моделирование на их основе;
- получение интегральных оценочных характеристик территории и прогнозов по сохранению биоразнообразия;
- визуализацию исходных данных, результатов их обработки и пространственного представления с использованием всего современного спектра средств;
- создание баз знаний и экспертных систем, ориентированных на сохранение биоразнообразия;
- нахождение зависимостей между различными экологическими, экономическими, социальными и другими переменными, помогающих формировать политику устойчивого развития региона;
- создание систем по поддержке принятия решений;
- подключение к национальным и международным компьютерным сетям;
- поддержание технического, программного и организационного обеспечения на современном уровне;
- открытость системы для ее дополнений и модификаций;
- составление всевозможных докладов, сводок, отчетов и графической документации для специалистов, руководящих работников и представителей общественности;
- организацию обучения практическому использованию системы информационного обеспечения лиц, принимающих решения;
- подготовку и переподготовку специалистов по биоразнообразию в рассматриваемой области.

Мониторинговую систему целесообразно создавать как иерархически организованную, гипермедиальную, представляющую комплексную информацию об экологических проблемах сохранения биологического разнообразия и о самом биоразнообразии разных уровней (разнообразии видов, разнообразии сообществ и экосистем), отнесенную к планетарному, субпланетарному, федеральному, региональному, районному и локальному уровням. Основные блоки системы представлены на рисунке 14.



Рис. 14 – Пример мониторинговой системы

Таким образом, основными блоками мониторинговой системы должны быть прежде всего **банк данных и знаний**. Банк данных и знаний может включать в себя целый набор разнообразных баз, находящийся под управлением системы управления базами данных (СУБД).

Блок сбора данных призван обеспечить получение содержательных сведений (литературных, статистических, картографических, аэро-, космических и др.) с их пространственно-временной привязкой и выходными характеристиками. Здесь важно отметить, что территориальная упорядоченность сведений важна не только с точки зрения унификации их сбора, но и установления оптимального соответствия размерам исследуемых систем. Это же справедливо и для временного аспекта. С целью изучения пространственно-временных аспектов развития географических систем важна организация данных с показом ретроспективы и прогноза развития этих систем. В специальной базе данных должны быть упорядочены сведения о временных

рядах, их согласованности между собой. При этом не везде требуется одинаковая периодичность и единовременность сбора сведений, поскольку известно, что одни показатели по сравнению с другими могут быть намного более динамичными. С нашей точки зрения следует использовать опыт GRID UNEP по сведению разнородных по территориальному охвату, достоверности, точности, содержательной ориентации и т. д. данных в единую систему. Основой такой интеграции может стать картографическая инвентаризация материалов и создание специальной серии карт или атласа тематических электронных карт на территорию региона и его частей. Особое внимание следует уделять возможности получения ранее накопленных сведений и знаний о биоразнообразии и налаживании системы их регулярного пополнения.

Блок обработки, пространственно-временного анализа и моделирования. В пределах данного блока могут реализоваться все методы пространственно-временных исследований: описательные, картографические, математические, дистанционные, ландшафтно-геохимические, геофизические и др., причем в разных их сочетаниях. В геоинформационном плане это могут быть как простые перекодировки данных с целью обеспечения функционирования техники, или приведения данных к сопоставимому виду, восстановления пропущенных значений во временных рядах и др., так и синтезирование различных показателей, например для получения интегральных оценок состояния природной среды, типов и степени антропогенного воздействия на природу и др. В этих случаях блок моделирования становится далеко не тривиальным и требующим привлечения различных видов моделирования, например, математико-статистического, имитационного, оптимизационного, математико-картографического и т. д. Расчет по соответствующим программам предполагает содержательную оценку получаемых результатов, то есть специальных географических знаний.

Блок визуализации. Возможна разнообразная форма выдачи материала в рамках мониторинговой системы потребителю: в виде распечаток на бумаге, таблиц, сводок, выборок, файлов на машинных носителях, а может быть, в виде схемы или карты. В последнем случае мы получаем одно из основных, традиционных средств исследования территориальных аспектов биоразнообразия. В этом случае требуется учет оптимальности выбора способов картографического изображения явлений, оперативность получения материала, наглядность и способность технических средств к их графическому воспроизведению. Традиционно карты расчерчивались или печатались на бумаге. В последнее время наиболее широко, для оперативных целей, карты выводятся на экран дисплея. Это позволяет опробовать множество вариантов изменения содержания карт и способов их оформления. Но что особенно привлекательно, такая методика удобна для показа динамики явлений. Это могут быть картографические фильмы, когда одна карта, сменяя другую, помогает уяснить ход процесса. Это может быть и анимация знаков, например мигание или перемещение по экрану отдельных точек или знаков. Но чаще всего это характеристика пространственно-временного изменения явлений, например обезлесение Европейской части России за 300 лет в Атласной информационной системе «Устойчивое развитие России». Современные атласные информационные системы содержат множество анимированных изображений. В таких системах оказываются полезными объемно-перспективные изображения и, прежде всего, трехмерные блок-диаграммы, анаглифические изображения (отпечатанные взаимодополняющими цветами с параллактическим смещением, что позволяет, рассматривая их через очки-светофильтры, видеть изображение объемным) и

стереокарты. Есть перспективы и у голографии, позволяющей воспроизводить объемные изображения, содержащиеся на голограммах – фоточувствительных пластинах, на которых зафиксированы изучаемые явления при интерференции волн. Из других нетрадиционных изображений достаточно широко распространены мысленные карты, карты предпочтений и анаморфозы. Особенно интенсивно стали создаваться и использоваться площадные анаморфозы – производные от традиционных карт изображения, на которых выравнивается некоторая плотность. На них площади территориальных единиц становятся пропорциональными величинам закладываемого в основу анаморфозы показателя. При этом на изображениях по возможности сохраняется взаимное расположение территориальных единиц и их форма. В качестве примера приведем две площадные анаморфозы стран мира (рисунки 15 и 16), показывающие видовое разнообразие и количество исчезнувших видов млекопитающих. На рисунке 17 показана объемная анаморфоза, совмещающая в себе две площадных. Для создания анаморфозы использовались исходные материалы, предоставленные В.М. Нероновым и подготовленные студентом географического факультета МГУ И. Штайером, а для расчетов применялся алгоритм, описанный в книге.

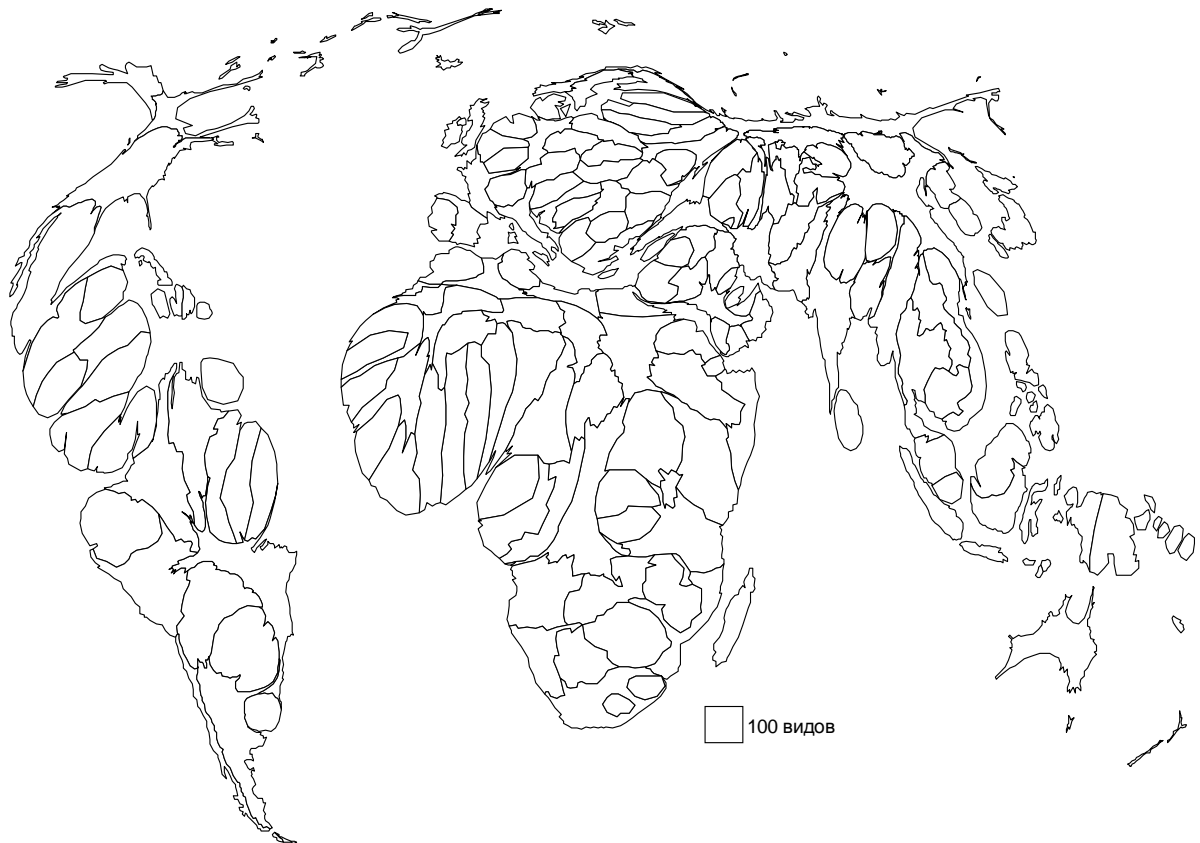


Рис. 15 – Число видов млекопитающих по странам мира на 90-е годы XX столетия. Примечание: число видов отражает не только реальное состояние, но и различную степень изученности стран, связанную с реализацией региональных программ и т. д.

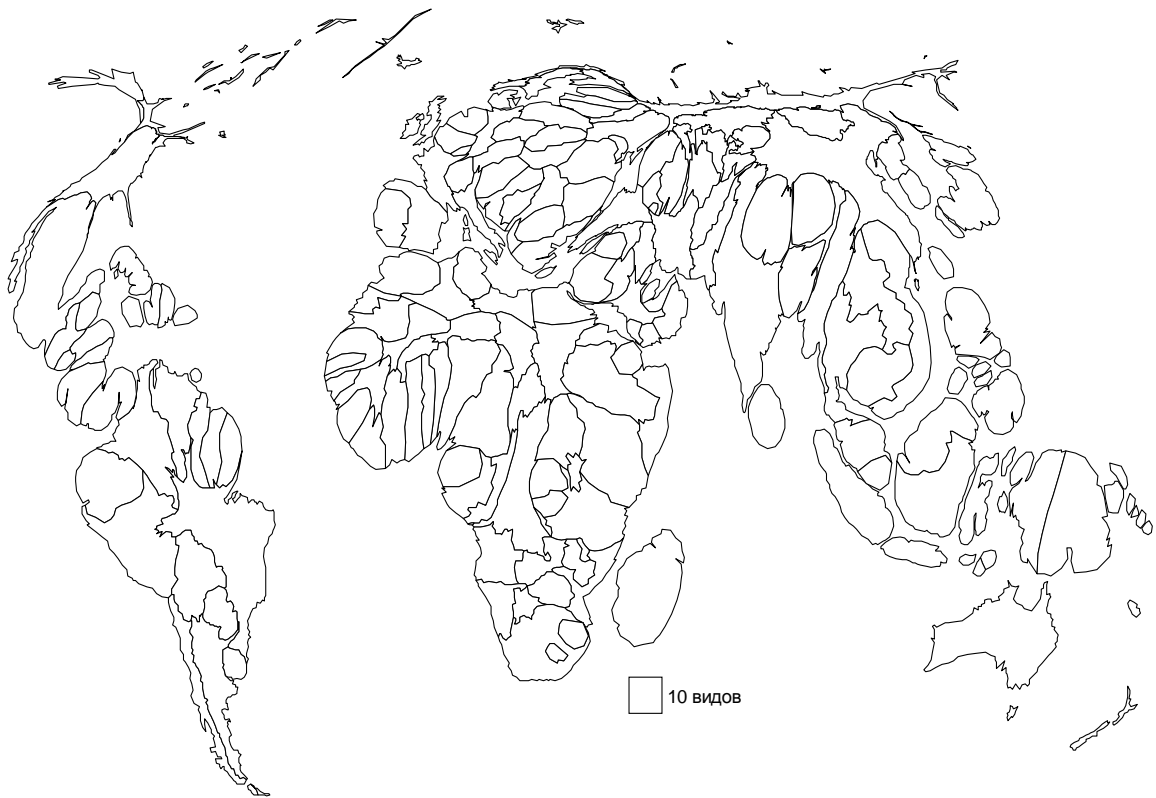


Рис. 16 – Число исчезающих видов млекопитающих по странам мира на 90-е годы XX столетия. Примечание: число видов отражает не только реальное состояние, но и различную степень изученности стран, связанную с реализацией региональных программ и т. д.

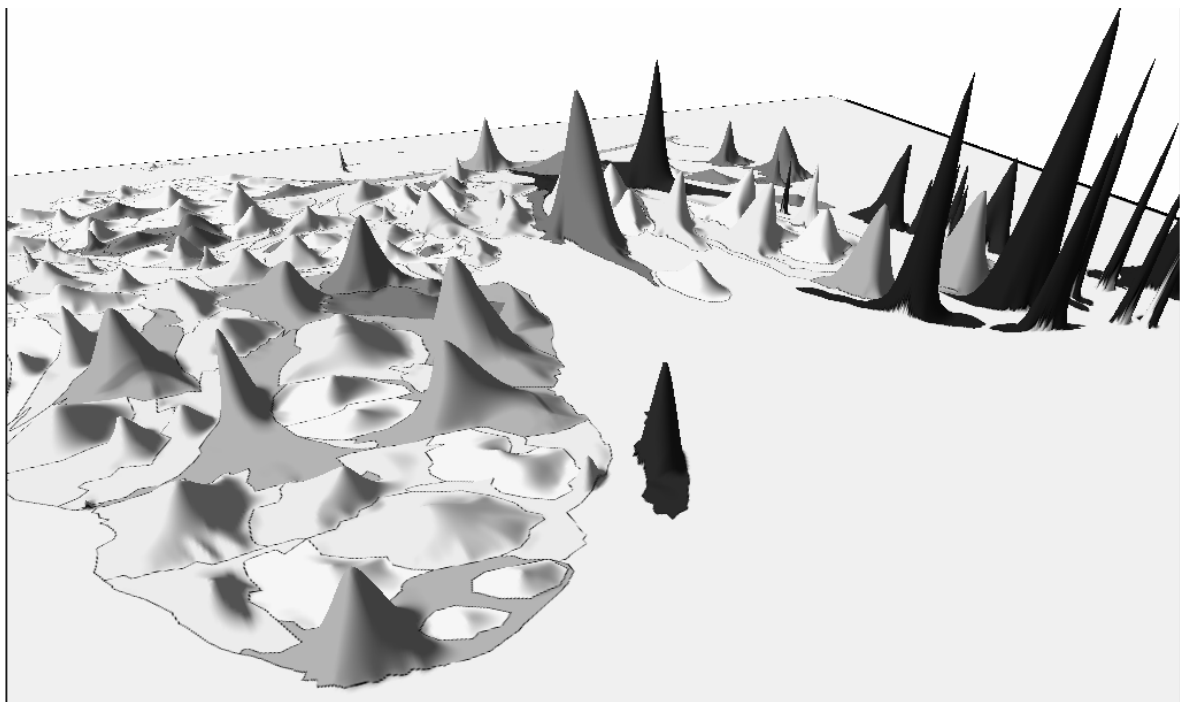


Рис. 17 – Трехмерная анаморфоза, где на фоне числа видов млекопитающих по странам мира высотой пирамиды показана характеристика исчезающих видов на 90-е годы XX столетия

Блок мультимедиа тесно связан с визуализацией, но она является лишь одним из средств мультимедиа. Технологии мультимедиа – это методы комплексного воздействия на различные органы чувств человека – зрение, слух, а в перспективе – обоняние и даже осязание. В настоящее время это чаще всего применение реалистичных трехмерных изображений, снимков, дополняемое звуковым сопровождением в виде музыки или читаемого текста. Среды синхронизируются в пространстве, во времени и по отношению к специальному содержанию. Для тем по биоразнообразию можно использовать возможности совмещения фотографий, видеосъемок, анимаций, аудиозаписей и т. д. с картами ареалов, фотографиями и видеосъемками ландшафтов и местообитаний организмов. Хорошим примером такой мультимедийной научно-популярной продукции может служить компакт-диск «Красная книга России (животные)», выпущенный в 1995 году коллективом авторов, под общей редакцией академика В. Е. Соколова. Современные средства позволяют дополнять аудиовизуальную информацию и запахами, которые создаются специальными распылителями и достаточно быстро ликвидируются мощными вентиляторами. Активно стала использоваться психология. Применяются технологии воздействия на все органы чувств человека, вплоть до гипноза, что показывает свою перспективность в системах тренинга, обучения и др. Возникла потребность в качественно новой технике и технологиях, и, будто в ответ, появились нейрокompьютеры.

Наконец, **блок интеллектуальных решений** позволяет получать многовариантные интегральные оценочные и прогнозныe характеристики, а также сценарии развития ситуаций на основе экспертных систем. Эти системы способны производить логические цепочки на основе ранее полученных выводов, сравнивая знания с этими выводами, проверяя их логичность, уточняя и строя более тонкие конструкции. Если полученный результат будет явно противоречить здравому смыслу, то при алгоритмическом пути (пусть через обычные вычисления, выполняемые по какому-либо алгоритму, стандартный термин в вычислительной математике, термин пояснения не требует *что это такое?*) это безразлично для ЭВМ, но в экспертной системе такое положение не может остаться незамеченным. Еще один характерный момент для экспертной системы. Так как правила, создаваемые одним ученым, чаще всего сильно отличаются от того, как это делает другой специалист, то экспертная система как бы становится «вторым я» того или иного ученого, копируя его стиль работы. Экспертные системы могут сильно отличаться своей конфигурацией в зависимости от целей их создания, имеющихся технических средств, объема данных и знаний. При этом важной является возможность комбинирования экспертных систем с математическими моделями, служащими для алгоритмических вычислений. Такие системы принято называть интегрированными. В качестве требуемого результата часто рассматриваются так называемые сценарии. Под термином «сценарий» понимают и возможные варианты развития событий, и возможные виды воздействия (предпосылки вариантов), и «качественное целевое представление о будущем», которое является эффективным инструментом подготовки информации для принятия стратегических решений. Ценность сценарного метода возрастает, когда вырабатывается целая система сценариев, отражающих все возможные события и виды воздействий. Еще только предстоит проанализировать пространственную компоненту на всех этапах принятия

решений по сохранению биоразнообразия, но уже сегодня ясно, что пространственные аспекты управления не отражены в достаточной степени во всех существующих сегодня теориях и подходах к принятию решений. Как нам кажется, сегодня в России наиболее важная функция систем поддержки принятия решений – это выявление и демонстрация самых острых проблем охраны биоразнообразия, а в последующем – создание системы принятия решений для обеспечения устойчивого развития позволит также обеспечить сохранение и восстановление биоразнообразия страны. Более подробно с блоками геоинформационных систем можно познакомиться в книге.

10.5 Средства обеспечения мониторинга биоразнообразия

В данной главе мы обратимся к анализу средств обеспечения мониторинга. В чем же отличие выше рассмотренных методов от средств? Методы, с нашей точки зрения, должны отвечать на вопрос «Как достичь результата», а средства исследования определяют «С помощью чего» возможно его достижение. Как писал академик Б. М. Кедров, метод науки – это общий способ достижения всестороннего отражения предмета исследования, раскрытия его сущности, познания его законов. Средствами же *реализации* методов могут быть, например, логические рассуждения, средства измерений по картам, вычислительные средства (прежде всего ЭВМ), техника для получения фотоизображений и т. д. Средства реализации методов разнообразны. При этом практически везде встречаются новые подходы и приемы. Например, даже в такой традиционной области, как географические описания, применяются средства электроники при логическом анализе сложных, неясных ситуаций – коллективные «мозговые атаки» и т. д. Основными слагаемыми геоинформационной мониторинговой системы являются инструментальная (аппаратная) база, программное и организационное обеспечение, в английском языке этим понятиям соответствуют короткие, но емкие термины «hardware», «software» и «humanware»/ Что касается инструментальной основы, или «железа», то, как уже было сказано ранее, простейшая геоинформационная система может быть создана даже на базе персонального компьютера.

Аппаратно-технические средства

Технические компоненты геоинформационной мониторинговой системы могут различаться в зависимости от ее назначения, однако основными являются следующие: компьютер (универсальный центральный процессор), связанный с дисковой операционной системой; дигитайзер, сканер или другое устройство для перевода данных в цифровую форму и ввода их в компьютер; плоттер или другое средство визуализации результатов обработки данных; универсальный дисплей (терминал) для контроля и управления работой компьютера и периферийных устройств. Все технические средства в системе должны быть взаимосвязаны технически и программно. Связь систем между собой может осуществляться посредством телекоммуникаций. В свою очередь, отдельные компоненты всей системы также собираются из составных частей; так, в понятие компьютер включаются как минимум *системный блок, монитор* (дисплей), *клавиатура, ручной манипулятор* (мышь) или так называемые *шаровые манипуляторы* (шары трассировки). Учитывая наличие разнообразной литературы по компьютерной технике и др., мы очень кратко

охарактеризуем основные стандартные блоки, но более расширенно – специфические для ГИС средства.

Системный блок обычно формируется на базе системной шины, связывающей все компоненты блока воедино. К системной шине подсоединяется материнская плата, на которой располагается процессор и память, а также система связи с устройствами ввода и вывода (посредством системы интерфейсных устройств – адаптеров и контроллеров). В новых компьютерах устанавливаются и дополнительные локальные шины, например только для связи с устройствами ввода-вывода.

Процессор – сердце всего комплекса, которое обеспечивает функционирование всех аппаратных средств под управлением каких-либо операционных систем (Windows NT, UNIX и др.). В больших вычислительных системах, как правило, используется несколько процессоров, обеспечивающих выполнение ряда заданий одновременно, при этом их работа строится так, что один из процессоров становится центральным (ведущим), как бы управляя работой всех остальных. Физически процессор представляет собой чаще всего микросхему (например, Intel в компьютерах IBM PC, Motorola в Apple фирмы Macintosh или Power PC в обоих типах компьютеров). Характеризуются процессоры разрядностью, адресацией памяти и тактовой частотой, как бы синхронизирующей работу отдельных частей всего вычислительного комплекса (измеряется в мегагерцах – мГц). Во многих компьютерах устанавливается также математический сопроцессор, который убыстряет вычисления в несколько раз. В геоинформатике в настоящее время преимущественно используются рабочие станции SUN, DEC, SILICON..., в том числе базирующиеся на мощных RISC-процессорах. Некоторые фирмы, например Intergraph, производят специализированные рабочие станции, предназначенные для обеспечения работы лишь с собственными программными продуктами. В России же главным средством до сих пор остаются персональные компьютеры (главным образом PC Pentium).

Память, предназначенная для запоминания данных и управляющих программ, подразделяется на *оперативную* и *внешнюю*. Процессор производит обработку данных, получая их и выдавая в оперативную память. Здесь же располагается весь набор команд, управляющих действиями ЭВМ. Физически оперативная память представляет собой микросхемы, функционально взаимосвязанные с процессором. Время доступа к данным характеризуется с помощью характеристик памяти произвольного доступа (RAM – random access memory). Именно здесь происходит запоминание всех операций, производящихся в текущий момент. Другими компонентами оперативной памяти являются оперативные и постоянные запоминающие устройства – ОЗУ и ПЗУ. Первые персональные компьютеры имели память произвольного доступа в 64, 256 Кб, а в настоящее время RAM обычно достигает 64, 256 и более Мб.

Применяемые технические средства требуют, чтобы данные кодировались, обрабатывались и хранились с помощью двоичных кодов (да/нет, открыто/закрыто и т. д.), для чего и используется двоичная запись, состоящая из нулей и единиц. В связи с этим было введено понятие двоичной цифры (Binary digIT) – **бита** (bit). Биты объединяются в группы по 8, образуя так называемые **байты** – основные стандартные единицы в вычислительной технике. Поэтому объем памяти измеряется в битах, байтах (8 бит) или в **килобайтах** (Кб, 10^{*3} байт), **мегабайтах** (Мб, 10^{*6} байт), **гигабайтах** (Гб, 10^{*9} байт), **терабайтах** (Тб, 10^{*12} байт). В используемых в

геоинформатике компьютерах объем оперативной памяти все время увеличивается. Так, если в персональных компьютерах он обычно составлял 32 или 64 Кб, то в рабочих станциях и больших ЭВМ он доходит до десятков Мб.

Внешняя память предназначается для хранения **файлов** – цифровых наборов данных, сформированных по каким-либо логическим принципам. Каждому файлу присваивается собственное имя. Файлы могут объединяться в **тома**, которые упорядочиваются операционной системой с помощью **каталогов**. Упорядочение файлов в каталогах производится по названиям, времени их создания, размеру, тематическому содержанию. Иногда упорядочение производится с использованием иерархической системы подкаталогов.

Внешняя память является более надежным хранилищем данных по сравнению с оперативной памятью. Так, в случае отключения питания все данные, хранящиеся в оперативной памяти, исчезают, а во внешней памяти сохраняются. Время доступа к внешней памяти большее, по сравнению с оперативной памятью. Среди устройств внешней памяти наибольшее распространение в настоящее время имеют так называемые *жесткие диски*. Жесткие диски (винчестеры) характеризуются емкостью и скоростью чтения/записи. Минимальными объемами сейчас считаются диски в 15 Гб, а время доступа к диску около 0,015 секунды (15мс). Обычно же объем варьирует от нескольких единиц до сотен Гб. Важнейшими характеристиками внешней памяти являются, помимо объема и скорости, также способы (последовательный, произвольный) доступа к данным, периодичность запоминания и т. д. Большинство современных устройств имеют произвольный доступ, ранее же применялись перфоленты или магнитные ленты с последовательным доступом к данным. Среди *сменных* запоминающих устройств наиболее распространены гибкие диски (дискеты, флоппи-диски); уже практически не используются дискеты 5,25" (133 мм) объемом 360 Кб, или 1,2 Мб, а также дискеты 3,5" (89 мм) – 720 Кб, или 1,44 Мб (намного реже применяются и другие форматы). Одно время большее распространение получили ZIP-дискеты большего объема, а в настоящее время используются лазерные компакт-диски (250 Мб и более). Однако до сих пор в России можно встретить системы, работающие с магнитными лентами и барабанами, но вот перфокарты уже ушли в историю.

Для того чтобы обмениваться информацией, применяются различные стандартные коды или форматы, среди которых самый распространенный – американский стандартный код для обмена информацией (ASCII). Он создавался как телетайпный код, состоящий из 128 символов (в качестве которых использованы и цифры от 0 до 9, и буквы, причем как строчные, так и заглавные). Эту часть иногда называют нижней частью таблицы ASCII-кодов. Первые 33 символа в ASCII-кодах используются как специальные функции, например звонок и т. д. Символы с 128 по 255 (верхняя часть) применяются для рисования линий и национальных алфавитов. Используя двоичную запись, можно легко перевести эти коды в десятичную систему. Электронные файлы, сформированные с использованием ASCII-кодов, передаются и обрабатываются различными типами ЭВМ, что применяется для связи между различными вычислительными системами, а также периферийными устройствами. В России применяются также кодировки ГОСТА, КОИ-8 и др.

Периферийные устройства – большая совокупность приборов, присоединяемых к ЭВМ. Они условно могут быть разделены на устройства *ввода* и *вывода*. Наиболее просто **ввод данных** в среду ЭВМ осуществляется через дисководы, способные считывать данные с гибких дискет, а также лазерных компакт-

дисков (CD-ROM). Дисководы монтируются в системный блок компьютера или подключаются как внешние устройства. Большинство оптических или лазерных компакт-дисков предназначены только для чтения данных с них, причем при наличии в компьютере звуковой платы; оптические дисководы позволяют прослушивать звуковые компакт-диски. В настоящее время выпускаются и дисководы для магнитооптических дисков (объемом в тысячи Мб), предназначенные для считывания и записи на них. Несколько реже используются также стриммеры кассетного типа, внешне напоминающие аудио-кассеты. Для непосредственного управления работой компьютера оператором и в качестве вспомогательного средства ввода небольших объемов данных широко применяются клавиатуры. Клавиатуры бывают различных раскладок, что зависит прежде всего от используемого языка, но не только от этого (например, существуют разные раскладки США и Великобритании), но и связаны с некоторыми традициями. Выпускаются клавиатуры в русской, белорусской и украинской раскладках, где на клавишах помимо кириллицы наносятся и латинские буквы. В некоторых клавиатурах, например скандинавских стран, клавиши используются сразу для трех символов (при задействовании клавиши SHIFT). В стандартной клавиатуре 101 клавиша. Все они делятся на алфавитно-цифровую часть с некоторыми вспомогательными функциями (табулятора, возврата и т. д.), управление курсором, цифровую клавиатуру, наподобие калькулятора, и функциональные клавиши (F1, F2,...,F12), которым присваиваются определенные функции применения, например F3 – просмотр текстового файла в системе MS-DOS.

Особого внимания заслуживают специально созданные для ввода данных в ГИС-среду приборы. Они, начиная уже с ранних стадий развития геоинформатики, подразделялись на два основных вида:

1) полуавтоматические цифрователи (дигитайзеры) с ручным обводом и автоматической регистрацией координат на носитель данных (магнитную ленту, оптический диск и т. д.) и

2) автоматические, фиксирующие элементы рисунка построчно при перемещении сканерного луча, то есть приборы, «считывающие» черно-белые и цветные изображения разных форматов и позволяющие вводить изображения в компьютер как бы строка за строкой, с последующим воссозданием всего изображения в электронной форме, а также распознаванием букв текста или воспроизведением графиков, карт и т. д.

В англоязычной литературе приборы первого типа носят название digitizer, второго – scanner. Технологии ввода данных, основанные на применении этих устройств, являются альтернативными и конкурентными. Обладая специфическими достоинствами и недостатками, их применение в каждом конкретном случае должно опираться на анализ комплекса факторов, что позволяет оценить возможную эффективность, трудозатраты, стоимость и точность цифрования данных. Менее распространены устройства, основанные на иных принципах регистрации (например, приборы автоматического прослеживания линий).

Цифрователи фиксируют положение индикатора при его перемещениях по поверхности планшета. В качестве индикатора в цифрователях планшетного типа до сегодняшнего дня используется стеклянная марка, перо, игла, резец по пластику и т. д. и/или курсор с клавишами управления, позволяющими фиксировать координаты, вносить дополнительные характеристики, производить исправления и даже контролировать работу всей системы. Размер планшета цифрователя обычно варьирует от А3 до А0, а его техническая конструкция на первых этапах была

реализована в виде стеклянных столов с подсветкой, которые довольно быстро были заменены на конструкции механических рычагов, размещаемых под столом, которые улавливали и фиксировали изменения магнитного поля, создаваемые курсором. На следующем этапе магнитное поле стало фиксироваться системой тонких проводов, перпендикулярно друг другу покрывающих площадь планшета и имитирующих систему координат (x,y). Обычная точность считывания координат в этом случае была $\pm 0,1$ мм.

Цифрователь может быть соединен с любым устройством – ЭВМ, периферийным устройством ЭВМ. Существует возможность соединения цифрователя с настольным калькулятором и мини-ЭВМ, а через терминал, и с большой ЭВМ. Для соединения цифрователя с большими ЭВМ используются терминалы с разделением времени или периодического действия. Цифрователь может быть подключен параллельно с терминальным блоком для ввода графических данных, при этом результаты изображаются на терминальном печатающем устройстве. Интересным примером терминала с разделением времени является так называемый графический терминал, где есть экран телевизионного типа, на который может выноситься изображение, а также имеется возможность обратной связи для изменения изображения, если требуется внесение поправок, что особенно важно при вводе данных. Более сложными являются системы планшетных цифрователей с соединенными с ними вычислительными устройствами, используемыми для кодировки данных.

Примером другого вида устройств ввода являются сканеры. В настоящее время на рынке предлагается огромный выбор этих приборов от формата А4 до А0, и даже более для рулонных моделей. Вначале в картографии стали применяться ручные сканеры, когда оператор сам перемещал его по изображению. А затем полосы надо было «склеивать», что было весьма трудоемкой процедурой. Затем стали распространяться барабанные (рулонные) и планшетные сканеры больших форматов. Кроме того, современное программное обеспечение позволяет производить соединение («сшивку») отдельных полос в единый графический растровый файл. Обычное разрешение сканеров от 300 точек на дюйм (dpi) до 8000, что требуется в достаточно редких случаях.

Цветные карты или снимки быстро и относительно недорого могут быть отсканированы с помощью видеосканеров, основу которых составляют телекамеры достаточно высокого уровня. Получаемый в результате съемки растровый массив яркостей или цветов и дает требуемый результат, однако погрешности, вызываемые геометрическими искажениями и различиями в чувствительности к яркости в разных частях поля съемки, приносят труднопреодолимые препятствия. Электромеханические сканеры свободны от этих недостатков и дают более качественные результаты. Самыми распространенными сканерами этого типа являются их барабанные разновидности, когда изображение закрепляется на барабане, вращающемся вокруг своей оси, а световой луч, отражаясь от него, фиксируется фотодетектором, образуя растровую колонку. Затем, сместившись на величину пиксела вдоль оси барабана, формируется вторая колонка и т.д., пока вся площадь карты не будет отсканирована. Похожая картина сканирования и в сканерах планшетного типа, здесь луч света перемещается как бы по строчкам, наподобие того, как мы читаем обычный текст в книге. Иногда сканеры захватывают сразу не одну строчку, а несколько сразу в виде полосы.

Преимущество сканеров в том, что скорость и точность считывания у них по сравнению с полуавтоматическими цифрователями гораздо выше. Кроме того, построчное считывание упрощает засылку данных со сканерной системы в базы данных. Однако возникают серьезные трудности при необходимости внесения параллельно каких-либо дополнительных сведений в соответствующие ячейки базы данных. Результатом сканирования являются растровые графические файлы, занимающие большие объемы памяти, и в большинстве случаев они трансформируются в векторный формат путем векторизации. Для этих целей созданы специальные программные средства – векторизаторы, позволяющие пользователю в полуавтоматическом режиме произвести требуемые трансформации.

Сравнительно новым средством ввода данных стали GPS – *системы глобального спутникового позиционирования* [навигации, местоуказания] (СГСП), которые позволяют вносить в базу данных координаты опорных точек (с точностью от нескольких десятков метров до миллиметров) и их идентификаторы. Надо сказать, что практически все ГИС-пакеты дорабатываются с целью предоставления возможности работать с данными, получаемыми приемниками СГСП. Достаточно давно разрабатываются методы и приборы, позволяющие вводить данные «с голоса».

Средства ГИС обычно включают достаточно широкий набор устройств для генерации выходных данных, **средств вывода** данных вообще, включая их картографическую визуализацию как наиболее технологически сложный вид окончательной (итоговой) или промежуточной документации. К таким документам принадлежат табличные, графические и картографические материалы. Два последних типа требуют достаточно развитых технических устройств реализации функций документирования и программных средств, обслуживающих эти функции. К техническим устройствам принадлежат средства машинной графики общего назначения, средства программной поддержки их работы, включая драйверы (специализированные программы) этих устройств. При необходимости генерации итоговых выходных данных в цифровом виде (например, для ввода данных в иную программную среду или обмена ими) используются так называемые конвертеры данных, позволяющие преобразовывать данные из одних форматов в другие без потери их геометрических и семантических атрибутов.

Аналогично вводу, вывод данных в электронной форме производится путем записи на гибкие диски и компакт-диски, а также путем распечатки на принтерах (игольчатых, струйных, лазерных), позволяющих воспроизводить изображения в форме так называемых «твердых копий» в черно-белом или цветном виде. Реже применяются графопостроители (плоттеры), расчерчивающие устройства, где в качестве чертежного инструмента используются карандаши, чернила, фломастеры, резцы (по пластику), а также световой луч по фоточувствительному слою и др. Практически ни один компьютерный комплекс не обходится без использования видеосистемы, чаще всего обеспечивающей вывод на экран монитора (обычно это электронно-лучевая трубка, например, SVGA 15, 17, 20⁸ с видеопамятью 1–2 Мб).

Все устройства графического вывода подразделяют на растровые и векторные. Самыми ранними приборами, формирующими растровую картинку, были алфавитно-цифровые печатающие устройства (АЦПУ), некоторый аналог обычной печатающей машинки, в которой буквы (или символы разной насыщенности) пропечатывались на бумаге через красящую ленту, но управлялось такое устройство не машинисткой, а компьютером, и скорость печати, естественно, была намного выше – от 200 до 900 строчек в минуту.

Аналогично АЦПУ, для построения растровых картинок на принтерах производится их заполнение на основе стандартных площадных элементов – пикселей. Первыми по времени их появления на рынке были матричные печатающие устройства, так называемые игольчатые принтеры, которые печатали изображение в виде маленьких точек (напоминающих иголочный накол) по 9 или 24 ряда одновременно. На следующем этапе они были заменены струйными принтерами – распылителями краски (трех-четыре основных цветов), ксерографическими и электростатическими устройствами вывода и, наконец, лазерными принтерами с разрешением от 300 до 1200 dpi. Лазерные цветные принтеры, по своим конструктивным принципам напоминающие копировальные машины (специальный порошок с помощью электростатического заряда переносится на бумагу и закрепляется на ней путем термической обработки), дают наиболее качественные результаты. Кроме того, они существенно повышают скорость печати (около 20 страниц текста в минуту) и обладая оперативной памятью в 1–2 Мб и более, позволяют подгружать различные шрифты для символьной печати. Однако их стоимость делает продукцию дорогостоящей, и до сих пор в большинстве российских учреждений наибольшее распространение имеют струйные принтеры (разрешение 300 ÷ 1200 dpi). В качестве средств вывода используют также оптические сканирующие устройства, позволяющие осуществлять вывод прежде всего материалов дистанционного зондирования и результатов их обработки на фотобумагу.

Наибольшее распространение получили видеосистемы, включающие мониторы (дисплеи, видео-экраны), основанные на использовании электронно-лучевых трубок и видеоконтроллера. Именно видеоконтроллер или видеоадаптер формирует изображение в текстовом или графическом режимах. В первых видеоэкранах изображение рисовалось электронным лучом под управлением процессора и не могло быть удалено или изменено частично – требовалась полная перерисовка всего изображения. Позднее эти ограничения были сняты и изображение стало строиться высвечиванием точек в заданных позициях. Качество графического изображения зависит от разрешающей способности, выражаемой числом точек на единицу площади или размером пикселя, а также количеством цветов или яркостей, отображаемых видеосистемой. Видеоконтроллер имеет собственную память произвольного доступа – RAM. Ее обычно называют видеопамятью. Для ускорения работы видеосистем применяют дополнительные шины и графические сопроцессоры. К настоящему времени разрешение экранов с 320×200 (мониторы CGA), 640×350 (EGA) и далее 640×480 (VGA) повысилось до 780×1024, 1280×1024 (SVGA) при поддержке видеопамяти в 2 Мб и более. Цветовая гамма передается различным сочетанием трех основных цветов (красного, зеленого и синего), создаваемыми «электронными пушками». Самые последние разработки связаны с применением жидкокристаллических экранов, прежде всего в переносных компьютерах типа «ноутбук».

Некоторые мониторы могут создавать трехмерные стереоизображения, основываясь на хорошо известных законах из стереофотограмметрии. Для этих целей используются специальные очки, позволяющие по разному поляризовать изображение для левого и правого глаза и создавая за счет этого эффект объемности. Имеются и специальные мониторы фирмы Intergraph, позволяющие видеть объемное изображение без очков за счет специальных фильтров, установленных перед экраном. Скоро мы будем видеть и голографические изображения на экранах мониторов.

Увеличение объемов видеопамяти (которая позволяет хранить выводимую на экран картинку в виде дисплейного файла, что дает возможность быстро и легко ее вызывать и восстанавливать) позволяет легко вращать объекты, увеличивать или уменьшать их, менять палитру цветов и т. д.

Введение графических стандартов для периферийных устройств позволяет распознавать эти устройства автоматически и подгружать требуемые «драйверы» без непосредственного участия оператора.

Самыми распространенными техническими средствами, помимо принтеров, являются графопостроители для пассивной машинной графики. Графопостроитель (в англоязычной терминологии – *plotter*) – это устройство для цифроаналогового преобразования данных, т. е. перевода цифровой модели, заложенной в ЭВМ, в графическую форму. Среди них встречаются перьевые, электростатические и термографические устройства планшетного и барабанного типов.

Привлекают внимание «микрофильм-плоттеры» – высокоскоростные графопостроители, сконструированные на базе электронно-лучевых трубок. Экран этих приборов позволяет строить сложные виды картографических изображений с высоким разрешением, с достаточной точностью и высоким качеством.

Большинство устройств ввода/вывода подключаются к компьютерам посредством параллельных и последовательных (что определяется типом передачи данных) портов. Обычно в компьютере бывает несколько последовательных и параллельных портов, причем последний используется для соединения с принтером.

Естественно, что в настоящее время в организациях вычислительные системы соединены между собой. Простейшие соединения достигаются уже на уровне локальных вычислительных сетей – одноранговых и многоранговых. В первом случае все компьютеры как бы находятся на одном уровне и позволяют лишь обмениваться информацией и совместно использовать периферийные устройства. Во втором случае организуются управляющие работой сети системы – *серверы*. Для передачи информации по сетям широко используются модемы и факс-модемы.

Следует также сказать об автоматизированных комплексах. Как уже было сказано в начале параграфа, большинство технических средств, используемых для визуализации данных, входят составной частью в более комплексные системы. Технические средства так разнообразны и столь быстро совершенствуются, что данный параграф нельзя считать сколько-нибудь полным обзором, а лишь краткой характеристикой классов приборов, которые можно использовать при формировании геоинформационных мониторинговых систем.

Наряду с широко распространенными техническими средствами геоинформатики укажем и на специфические для биоразнообразия средства.

Специальный технический приборный парк, используемый в обеспечении мониторинга биоразнообразия, весьма обширен и во многом аналогичен используемому при аналитических методах контроля состояния среды. В настоящем разделе отчета приводятся несколько примеров оригинальных разработок и их использования.

Погружной импульсный флуориметр

Погружной импульсный флуориметр разработан коллективом авторов на кафедре биофизики биологического факультета МГУ [Маторин Д.Н. и др., 1996] для оценки фотосинтетической активности фитопланктона в экспедиционных условиях. Это компактный погружной импульсный флуориметр с двумя импульсными лампами, позволяющий проводить зондирование параметров флуоресценции с

одновременной регистрацией температуры и подводной освещенности на всех глубинах фотического слоя – слоя где освещенность достаточна для протекания реакций фотосинтеза. Прибор состоит из погружаемого зонда (9 кг, 25 см диаметром), бортового блока питания, соединенного с зондом, и с IBM-совместимым компьютером, который управляет процессом измерений по алгоритму, задаваемому пользователем. Прибор питается от сети 220 в или от аккумулятора 12 в. Регистрирующая часть зонда состоит из фотоприемника (фотоумножителя), усилителя сигналов, аналого-цифрового преобразователя, интерфейса связи с компьютером и двух независимых импульсных источников света с длительностью вспышек 0,01 мс (спектральная область 400-480 нм).

Первая слабая зондирующая вспышка с энергией 0,01 Дж обеспечивает измерение фоновой флуоресценции (F_0). Последняя, после соответствующей калибровки по стандартным методам, позволяет оценивать количество хлорофилла у природного фитопланктона. Использование второй мощной вспышки с насыщающей для фотосинтеза энергией (1 Дж) позволяет оценивать фотосинтетическую активность фитопланктона. Эта вспышка включается перед зондирующей вспышкой. Мощное освещение приводит к восстановлению первичных акцепторов фотосистемы-2 и увеличению интенсивности флуоресценции до максимального уровня (F_m). Флуориметр регистрирует степень индуцированного мощной вспышкой усиления интенсивности флуоресценции ($F_v = F_m - F_0$), что позволяет рассчитать эффективность использования света микроводорослями. Использование в зонде датчика подводной освещенности позволяет по измерению переменной флуоресценции F_v/F_m и освещенности на данном горизонте оценивать фотосинтетическую продукцию.

Измерение всех параметров производится автоматически, а результаты выводятся на экран компьютера в реальном масштабе времени в виде графиков, отражающих вертикальный профиль температуры, подводной освещенности, концентрации и активности водорослей при погружении флуориметра.

Глубина погружения зонда определяется глубиной фотического слоя (обычно несколько десятков метров). Скорость погружения обычно составляет 30-50 см s^{-1} . Математическая обработка данных ведется в автоматическом режиме с использованием стандартных процедур в программе Statistica.

С помощью погружаемого флуоресцентного зонда в реальном масштабе времени получают глубинные профили по температуре, подводной освещенности, концентрации микроводорослей, фотосинтетической активности и продуктивности фитопланктона. Характер распределения как концентрации фитопланктона, так и его активности коррелирует с распределением водных масс.

Подобные зонды могут быть рекомендованы для изучения динамических характеристик водных систем, а также для быстрой оценки фотосинтетических характеристик природных популяций фитопланктона в акваториях со сложным гидрологическим режимом.

Тест-система «ЭКОЛЮМ»

Отечественная тест-система «ЭКОЛЮМ» разработана в лаборатории антибиотиков кафедры микробиологии биологического факультета МГУ под руководством доктора биологических наук В.С. Данилова. Система «ЭКОЛЮМ» – это комплект специальных реагентов (биосенсоров), приготавливаемых на основе культивируемых в лабораторных условиях морских люминесцентных бактерий в

комплексе со специально разработанными для этой системы люминометрами. Измеряемым параметром является билюминесценция в видимой области спектра. Ниже приводятся аналитические характеристики и принципиальная схема функционирования тест-системы «ЭКОЛЮМ».

Тест-система «ЭКОЛЮМ» может с успехом применяться при:

- экспрессном контроле за отходами и сбросами промышленных предприятий;
- контроле технологических процессов в режиме реального времени;
- постоянном мониторинге питьевой воды, водоемов, почв и воздуха на содержание токсических веществ;
- определении уровня токсичности новой продукции;
- контроле за токсическим эффектом фармацевтических материалов и лекарственных веществ;
- контроле качества и безопасности продуктов питания;
- оценке профвредности рабочих мест на предприятиях.

«ЭКОЛЮМ» обладает хорошей чувствительностью к разнообразным химическим соединениям, характерным для промышленных сбросов, загрязнений почвы, воды, воздуха (тяжелые металлы, фенолы, формальдегид, пестициды и т. д.). Отклик люминесцентных бактерий на токсические вещества полностью коррелирует с таковым у других биологических организмов и величина 50% тушения свечения – EC_{50} – полностью коррелирует с величиной LD_{50} для человека.

Аналитические характеристики тест-системы «ЭКОЛЮМ»

Анализируемые соединения	Чувствительность, мг/л EC_{50} , время анализа 5 минут
Тяжелые металлы	
Медь	8,0
Цинк	2,5
Ртуть	0,065
Фенолы	
2,4-дихлорфенол	3,6
2,4-диметилфенол	4,4
пентахлорфенол	0,08
Алифатические спирты и кетоны	
2-деканол	40,3
гексанол	7,9
2-деканон	
Пестициды	
Кельтан	0,45
Диазинон	9,8
Перметрин	0,56
Микотоксины	
PR-токсин	1,7
Патулин	0,2
Цитринин	0,15
Другие токсины	
Цианид	8,5
Формальдегид	30,0
Анилин	70,0

Биосенсор поставляется в стабилизированной форме со сроком сохранности один год, прост в обращении, обеспечивает воспроизводимые результаты.

Мониторинг окружающей среды с применением биосенсора и аппаратуры «ЭКОЛЮМ» ориентирован на использование реактивов и сервисных приспособлений исключительно отечественного производства.

Основным преимуществом метода по сравнению с другими биотестами является быстрое действие (время анализа одной пробы 1-5 минут) и воспроизводимость результатов (погрешность метода не более 5%).

Программное обеспечение

Компьютерные программы представляют собой очередность команд, выполняемых процессором, для реализации какой-либо цели, например построения картографического изображения. Все программы принято разделять на системные и прикладные. Для управления работой компьютера используется особый тип **системных программ**, называемых *операционными системами*. Среди них в России в 70-х – начале 80-х годов доминировала MS-DOS, последние версии которой (MS-DOS 6.0; 6.2 – 1993 г.) получили самое широкое распространение, но к настоящему времени вытеснены системой Windows (прежде всего Windows 98, 2000 и NT). В рабочих станциях и больших ЭВМ применяется система UNIX и ее разновидности (AIX, XENIX), а также собственные операционные системы.

Другая разновидность программных средств относится к группе **сервисных** – это *трансляторы* и *интерпретаторы*. Они позволяют переводить программы, написанные на компьютерных языках высокого уровня, начиная с Алгола, Фортрана, Бейсика и заканчивая современными языками типа Си++, Джава и др., в машинные коды конкретного компьютера. К сервисным программам относят и так называемые утилиты – программы, обеспечивающие безопасность работы с данными, например их восстановление после случайного стирания и т. д.

Для геоинформатики, естественно, наибольший интерес представляет третья группа программных средств – **прикладные программы**, к которым относят *текстовые редакторы* (Lexicon, ChiWriter, Microsoft Word, WordPerfect, Tex и др.), *электронные таблицы* (Lotus, VisiCalc, Excel, Quattro Pro), *пакеты статистической обработки* данных (Statgraphics, Studia, SAS), *графические пакеты* (CorelDraw, PowerPoint, Autodesk 3D Studio, AutoCAD и др.). Электронные редакторы с развитыми издательскими возможностями трансформировались в издательские системы – Page Maker, FreeHands и др. Аналогично пакеты dBASE, Access, Paradox, имея развитые возможности работы с базами данных, лишь условно могут объединяться в класс электронных таблиц. Интегрирование всех возможностей вместе позволяет говорить о комплексных пользовательских пакетах типа – Microsoft Works. Но основным для нашего рассмотрения все же являются собственно геоинформационные пакеты, которые можно использовать для организации систем мониторинга.

Функциональные особенности программных средств (ПС) географических информационных систем определяются их проблемной ориентацией как систем сбора, ввода в машинную среду, обработки (манипулирования, анализа, моделирования) и представления пространственно-координированных данных в форме тех или иных (табличных, графических, картографических) выходных документов.

Структурно ПС ГИС включают *группы операций*, оформленных в виде самостоятельных взаимосвязанных друг с другом или независимых структурных единиц (модулей). Операциям соответствуют команды, группы команд, опции меню или их макропоследовательности.

Принципы структурирования ПС различны, различен и набор (полнота) реализации отдельных операций и их групп. Можно выделить, однако, некоторое инвариантное ядро, сгруппировав все основные операции технологической схемы ГИС (и соответствующие им функциональные возможности) следующим образом:

I. Средства ввода данных в машинную среду, т. е. драйверы устройств цифровизации или сканирования, включая ручные планшетные цифрователи с потоковым или поточечным вводом данных. ПС этой группы включают обычно средства видеозэкранного редактирования (графические/картографические редакторы) и конвертеры для экспорта и импорта цифровых данных, представленных в форматах иных ПС ГИС, систем автоматизированного картографирования, обработки изображений, систем автоматизированного проектирования, электронных таблиц и систем управления базами данных.

II. Программные средства преобразования систем координат и трансформации картографических проекций.

III. Средства хранения и манипулирования сведениями в базах данных.

IV. Операции преобразования данных из одного формата в другой и их совмещение.

V. Измерительные операции, включая вычисление длин отрезков прямых и кривых линий, вычисление площадей, периметров, характеристик форм объектов и т. п.

VI. Операции с полигонами, в том числе наложение полигонов (топологический оверлей), определение принадлежности точки и линии полигону, уничтожение границы и слияние полигонов и др.

VI. Аналитические и моделирующие операции, включая выбор объектов, поиск ближайшего соседа, выбор оптимального маршрута, обработку данных геодезических съемок, анализ сетей, построение буферных зон на множестве точек и полигонов.

VIII. Анализ поверхностей (создание и обработка цифровых моделей рельефа), включая вычисление углов наклона и экспозиций склонов, интерполяцию высот, определение зон видимости/невидимости, генерацию горизонталей, вычисление объемов и др.

IX. Вывод данных и документирование результатов с использованием различных устройств.

X. Картографическая графика воспроизведения карт с возможностями выбора и изменения палитры цветных заливок, штриховок и крапа, редактирования и реализации способов картографического изображения, создания произвольных графических знаков, размещения и редактирования легенды карты, монтажа более крупно- или мелкомасштабных врезок и аннотирование карт текстовыми или графическими элементами.

XI. Цифровая обработка (дистанционных) изображений различного типа (фотографические и сканерные, радиолокационные и т. п.) и размера, операции предобработки, возможности геометрической коррекции (привязка к географической основе), автоматической генерализации, тематической классификации изображений, сохранения результатов обработки в банке данных ГИС, наложения картографической графики на изображения.

В качестве программного продукта, ориентированного на биоразнообразие, рассмотрим программу анализа экологических данных «Экос». Она разработана в Московском Государственном университете и Институте океанологии РАН. Разработчик Азовский А.И (кафедра гидробиологии биологического факультета МГУ), программная реализация: Незлин Н.П. и Мороз М.П (институт Океанологии РАН).

«ЭКОС» является удобным инструментом для научных исследований в области экологии. Пакет предоставляет уникальные возможности для профессионалов, и в то же время достаточно прост, чтобы оказать поддержку начинающим. Предназначен для решения широкого круга задач научного, учебного и прикладного характера; незаменим в исследованиях экосистем, при проведении мониторинга или экологической экспертизы, слежении за состоянием природной среды; использует самые современные методы анализа экологических данных; ориентирован на специалистов широкого профиля, прост, не требует специальной компьютерной и математической подготовки. В одном программном пакете реализованы:

- встроенный редактор, позволяющий создавать, транспортировать и редактировать файлы данных; преобразовывать данные количественные, порядковые, качественные); формировать базы данных и рабочие отчеты;

- анализ видовой структуры и видового разнообразия, метод сравнения кумулянт «численность-биомасса»;

- анализ пространственных распределений с помощью широкой гаммы теоретических моделей и статистических показателей;

- анализ структуры сопряженности для видов и выборок;

- выбор эффективных методов преобразования данных; специальные процедуры извлечения и очистки «скрытой» информации для целей ординации и классификации;

- анализ видовой структуры вдоль градиентов пространственных, временных или средовых; выделение групп станций и видовых комплексов, связанных с этими градиентами.

Организационное обеспечение

Организационным аспектам в геоинформатике уделялось явно недостаточное внимание. Однако для успешной организации работы геоинформационной мониторинговой системы недостаточно приобрести технику и нанять или переподготовить штат; новые средства должны быть разумно интегрированы в рабочий процесс. Оценка осуществимости и стоимости юридических и политических аспектов должна включаться в разрабатываемый проект наряду с оценкой целей и задач, требованиями к математическому и техническому обеспечению. В последнее время упали цены на технику, но качественное математическое обеспечение и квалифицированный персонал остаются проблемой во многих организациях.

Распространение геоинформационных технологий в России не началось с создания небольших локальных систем под специализированные задачи, постепенно совершенствовавшихся и интегрировавшихся естественным образом в более общие системы, как это было на Западе. Как правило, толчком к разработке принципов проекта конкретной системы или перехода на ГИС-технологии в какой-либо организации являлось распоряжение соответствующего министерства во времена СССР, которое, в свою очередь, возникало после принятия какой-либо обширной всесоюзной программы или, что значительно реже, после многократного рассмотрения и одобрения инициативы снизу. Министерство являлось главным

распределителем инвестиций, которых всегда было мало для проектирования качественной системы, причем не только в смысле техники, но и во всех остальных аспектах, включая кадровый. Автоматизация картографических работ, проводимая подобным образом, очень часто выражалась в многолетнем экспериментально-лабораторном проектировании на базе однажды закупленного, крайне редко обновляемого оборудования, которое, мало того что не соответствовало международным стандартам, но еще и физически неспособно было удовлетворить всех желающих работать на нем. Несовершенство математического обеспечения, отсутствие специальных знаний у пользователей и языков программирования высокого класса не позволяло использовать с полной отдачей даже существующую технику, несмотря на большой интерес сотрудников к данному направлению. Такая ситуация во многом напоминает ситуацию 60–70-х гг. XX столетия на Западе, которую отмечает Birrough – управление не успевает реагировать на технологический прогресс. В условиях экономического кризиса в России побудительными мотивами перехода на ГИС-технологии становятся небольшие проекты, в том числе финансируемые за счет зарубежных фондов.

Кроме этого, традиционные информационные потоки наук о Земле стали все более и более разрозненными, доступ к информации зачастую бывает затруднен (относительно просто получать информацию, собранную в статистических управлениях или в фондах, но такие фонды не всегда имеются в отрасли или регионе). Но основной новый момент связан с попытками торговать данными, ранее собранными за счет бюджетного финансирования, причем по весьма завышенным ценам, что особенно заметно по отношению к аэрокосмическим материалам.

Организационным аспектам геоинформатики уделяется мало внимания в литературе, гораздо меньше, чем научным и технологическим проблемам, однако некоторые вопросы рассматриваются.

Например, в сборнике «Организация географической информации...» предлагается схема организации информационно-географического обеспечения экономики Дальнего Востока (анализируется существующая система продуцирования информации о территории и природных ресурсах, отмечаются ее недостатки – разрыв между географическим и ведомственным знанием, между различными ведомственными информационными потоками, отсутствие «утвержденной» методики синтеза разнородной информации, плохая сохранность и слабая доступность изыскательских материалов; предлагается совершенствование системы территориальной регистрации изыскательских работ, централизованное хранение информации, создание межведомственных баз данных.

Некоторые организационные вопросы создания банков данных центров приема и обработки информации рассматривает Ю. Г. Симонов: выявление потребителей и способы контактов с ними. Т. А. Воробьева и др. предлагают принципиальную схему работы ГИС по сбору, обработке, анализу и передаче информации о состоянии территории сельскохозяйственного производства. В качестве промежуточного звена между системой и пользователем предлагается создание блока управления, анализируются возможные пользователи аграрной ГИС – государственные, хозрасчетные, кооперативные сельскохозяйственные объединения, предполагается создание систем двух типов – низовых для решения преимущественно оперативных задач и региональных с преобладанием стратегических задач.

Госцентром «Природа» рассматриваются организационные аспекты системы управления природопользованием (АИСУП). Организация региональных систем планируется на основе межотраслевых центров коллективного пользования;

координация информационных потоков между ними и отраслевыми ГИС должна будет осуществляться во всероссийском центре. Среди основных проблем отмечается разработка долговременной государственной программы, определение основных потребителей, источников финансирования, необходимой технической и кадровой базы, оценки экономической эффективности.

Таким образом, бывшая основная тенденция – долговременные государственные проекты и программы – трансформировалась в небольшие инициативы. В то же время реальное проектирование конкретных ГИС намного чаще стало осуществляться на основе финансирования разработчиков будущими пользователями системы, когда они оценили эффективность и прибыльность их применения. Такие небольшие специализированные заказные системы могут рассматриваться как опытные модели будущих крупных систем. В целом это положительная тенденция, так как она позволяет учесть накопившийся опыт и приспособить разрабатываемые ГИС для будущей их интеграции в более крупные системы, с учетом возможностей интеграции в международные геоинформационные системы.

Следует также обратить внимание на плохое знание основного «двигателя» – человека. В качестве одной из немногих работ в этом направлении можно указать. Это вообще большое место естественнонаучных и технических дисциплин. Из одних и тех же наблюдений, даже оформленных математически, люди разных характеров, психологических типов, темпераментов, сделают разные выводы. На сегодняшний день, например, совершенно не известно ни каким именно образом работает сознание картографа, составляющего карту, ни то, как мыслит пользователь ГИС. Знания психологов еще очень слабо привлекаются исследователями карт, но именно это направление, на наш взгляд, будет значительно усиливаться в теоретических и прикладных работах, касающихся ГИС.

Постановка задачи. Геоинформационные технологии призваны автоматизировать многие трудоемкие операции, ранее требовавшие больших временных, энергетических, психологических и др. затрат от человека. Однако разные этапы технологической цепочки поддаются большей или меньшей автоматизации. Наиболее велика роль интеллектуальных способностей человека на этапе постановки задачи. Даже определяя конечную цель всей работы, она во многих случаях формулируется «размыто», неоднозначно. Специалисты по геоинформатике знают, как непросто получить от заказчика геоинформационной системы ясную формулировку – что он хочет получить в результате всей работы, и весьма часто разработчик ГИС помогает заказчику в этом. Разработчик ГИС не только должен показать преимущества той или иной технологии, проиллюстрировать их ранее выполненными работами, но и постараться понять конечную и сопутствующие цели заказчика. Здесь роль психологии может проявляться в определении семантического пространства заказчика и пользователя. Под семантическим пространством мы понимаем с определенной точностью установленные отношения (близость – удаленность, иерархия и т. д.) между понятиями, терминами, постулатами, научными пристрастиями и т. п. Семантическое пространство может быть определено как у отдельного субъекта, так и у коллектива. Возможности работать в области «нечеткой логики», разрабатываемой в сфере искусственного интеллекта, и ее применение на этапе постановки задачи оказываются очень целесообразными.

Сбор, хранение и защита данных. Из реальной жизни мы знаем, что при реализации конкретных проектов выделяется как минимум два подхода – собирать все более или менее пригодные данные, в надежде, что когда-нибудь они могут пригодиться, и второй, базирующийся на принципе жесткого отбора, по принципу

чем меньше «мусора» в базах данных, тем лучше. У каждого из подходов есть свои явные плюсы и минусы, а задача состоит в их оптимизации.

Многообразны аспекты, связанные с процессами цифрования различных картографических материалов. Несмотря на все большее распространение технологий сканирования с последующей векторизацией изображений, доля ручного человеческого труда на этом этапе, самая существенная. Помимо аспектов, связанных с изучением появления ошибок при цифровании, что исследовано достаточно хорошо, важны также оценки психологической предрасположенности людей к монотонным рутинным операциям, и эта сфера исследована гораздо меньше.

Примерно то же можно сказать об аспектах поведения людей, отвечающих за хранение, обновление, пополнение и защиту баз данных. Так, в одних организациях предпочитают как можно надежнее охранять «свои» данные, уделяя максимум внимания всевозможным защитам от несанкционированного доступа. Другие, наоборот, стараются распространить свои данные. Здесь можно заметить некоторые аналогии с ГИС-пакетами – одни фирмы делают самые хитроумные защиты, а другие не заботятся об этом вовсе (укажем для примера Norton Commander). Но еще неизвестно, кто же получит в результате большую прибыль, возможно тот, чья продукция широко копируется (а тем самым и пропагандируется), и за счет широты охвата пользователей (часть из которых все же предпочитает покупать математическое обеспечение) достигает лучшего финансового эффекта.

Выбор или создание аппаратного и программного обеспечения. Имеется множество публикаций с оценками применяемых технических средств и ГИС-пакетов для разнообразных проектов и задач. Однако психологические аспекты их выбора рассматриваются гораздо реже. Так, формальные модели процесса закупки ГИС освещены в работах. Кроме того, советуем вспомнить, чем вы руководствовались, закупаая технику и программное обеспечение. Видимо, определяющим является преимущество и элементы известности. Так, вряд ли кто закупит оборудование, не совместимое с тем, что использовалось ранее, и начнет работу как бы заново, не используя ничего из того, что было уже наработано. Ориентируемся мы и на то, что уже используется в аналогичных организациях. Реклама, да, конечно, играет роль, но вот какова ее доля в процессе принятия решений? При создании оригинального программного обеспечения любопытны рекомендации по организации работы программистов, заимствованные нами из книги. Так, организация работы должна отвечать не только размерам поставленной задачи, но и возможностям участников работы; при этом следует помнить, что так называемый метод «монгольской орды» не может быть использован; иначе говоря, каждому проекту, каждому этапу отвечает некоторое оптимальное число людей, с толком участвующих в работе. Превышение этого оптимального числа может быть лишь помехой. Организация работы бригад по созданию программного обеспечения современных географических информационных систем должна исходить из следующих главных принципов: 1. Задание распределяется таким образом, чтобы над относительно самостоятельными его разделами работали небольшие группы людей. 2. Во главе проекта и каждой крупной группы стоит руководитель, который принимает участие во всех этапах реализации. Обычно у него есть заместитель, работающий с ним в течение всего периода реализации и являющийся соучастником всех решений; в случае необходимости он заменяет руководителя в решении вопросов, касающихся отдельных частей проекта. 3. Остальные члены бригады совместно действуют в качестве программистов либо обеспечивают разного рода службы при компьютере в качестве составителя документации, контролера, зав. библиотекой программ, секретаря, следят за

выполнением проекта, а в случае необходимости исполняют обязанности системного аналитика, представителя заказчика и т. д.

Подсистема вывода информации. От того, как человек воспринимает результат работы, зависит очень многое. Даже один и тот же результат разными людьми оценивается по-разному в зависимости от их предыдущего опыта, требовательности, мнения окружающих и т. д. Прежде всего это относится к визуализации результата, поскольку ГИС имеют дело прежде всего с пространственно распределенными данными. С нашей точки зрения, очень важна комплексность представлений, и здесь в первую очередь следует вспомнить о системах мультимедиа.

Средства связи пользователя со средой ГИС (интерфейс пользователя) являются очень важным элементом функционирования всей системы. Пользователь может непосредственно или с помощью оператора взаимодействовать с ГИС, например обращаясь к базе данных, а может в качестве конечного пользователя использовать материалы в своей работе, допустим, принимая архитектурные решения на основе ряда предложенных вариантов, даже не представляя каким же путем эти варианты были созданы. Запросы подразделяют на явные и неявные: например, двойной щелчок «мыши» на объекте задает неявным образом вывод на экран содержательных сведений о нем, что заранее запрограммировано производителем программного обеспечения. Для явных запросов используются диалоговые окна или какой-либо специальный язык запросов, например SQL.

Принято выделять несколько типов интерфейсов:

- команды – специальные записи, которые оператор должен набрать в командной строке, например сору (копировать файл), print (распечатать файл), sort (сортировать файлы) и т. д. Для этих целей ранее в подавляющем числе случаев использовались английские слова, но сейчас почти весь программный продукт предлагается пользователю русифицированным. Для не владеющих английским языком представляло сложность, соблюдая все правила орфографии и пунктуации, правильно набирать разнообразные команды, учитывая еще и то, что число команд может приближаться к тысяче;

- меню – текстовые или пиктографические, позволяющие выбрать какую-либо команду из возможного в данное время их перечня, задаваемого словесно (текстовые меню) или в виде схематизированной или символической фигурки, например изображения принтера (пиктографические меню);

- окна – одновременный или последовательный вывод на экран изображений или текста (в том числе и гиперизображений и гипертекста, когда отдельные выделенные объекты или слова как бы переводят пользователя на другой уровень и дают более детальное изображение, объяснение термина и др.). Причем в разных окнах может демонстрироваться один и тот же объект, допустим при разных углах его наклона, с изменением масштаба, с его «разрезом» по профилям и т. д.;

- комбинированные способы – иногда сочетающие сразу все ранее упомянутые типы интерфейсов. Эффективны диалоговые подходы, позволяющие путем выбора ответов на вопросы достигать требуемого результата.

Активно развиваются сенсорные (осязательные) методы интерфейса, когда пользователь прикосновением пальца к высвечиваемому на экране меню управляет работой компьютера.

11 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

Экологический прогноз – предсказание возможного поведения природных систем, определяемого естественными процессами и воздействием на них человечества.

По масштабам прогнозируемых явлений прогноз делят на

– *глобальный,*

– *региональный (в пределах нескольких стран, одного материка, океана и т. п.),*

– *национальный (в пределах государства) и*

– *локальный (для небольших территорий).*

Прогноз не имеет ограничений по временной шкале (возможно, и делается на неопределенно долгое будущее).

Прогноз – всякое конкретное предсказание или вероятностное суждение о состоянии чего-то (кого-то) или о проявлении какого-то события в будущем.

Значение прогноза в системе мониторинга определяется целью ведения экологического мониторинга (предотвращение отрицательных последствий антропогенных изменений природной среды), который невозможен без разработки достоверного прогноза.

11.1 Типизация прогнозов

Экологический прогноз может быть выполнен в двух основных формах: поисковый и нормативный.

Прогноз может быть нормативным, т. е. жестко определенным нынешним ходом событий, их направленностью и способами управления ими. Другая форма – поисковый прогноз (*предсказание*). Предсказание всегда вероятностно.

Поисковый прогноз – определение возможных состояний экосистем, процессов явлений в будущем. Имеется в виду условное продолжение в будущем тенденций развития изучаемого процесса, происшедшего в прошлом и отмечаемого в настоящем.

При таком прогнозе предсказывается, что вероятнее всего произойдет при сохранении существующих тенденций. Прогноз основан на выборе из множества вариантов из ряда возможных направлений процесса наиболее вероятных, с точки зрения прогнозиста, событий, явлений, направлений развития, последствий какого-то действия (прогноз влияния предприятия на окружающую его среду; прогноз воздействия обводнения или осушения местности на природу и хозяйственное развитие; прогноз наводнений, цунами, селей и других стихийных бедствий).

Нормативный прогноз – определение путей и сроков достижения возможных состояний экосистем, процессов, явлений в будущем, принимаемых в качестве цели. Имеется в виду прогнозирование достижения желательных состояний на основе заранее заданных нормативов, оценок, критериев. Такой прогноз отвечает на вопрос: какими способами достичь желаемого?

Кроме вышеперечисленных основных типов прогнозов могут выделять и другие общепринятые формы прогнозов. Например, **предупреждение-экстраполяция**, т. е. утверждение, что если процесс будет идти в современном направлении и наблюдаемыми темпами, то это приведет к определенным последствиям. Такие предупреждения-экстраполяции лишь указывают на обязательность (или весьма высокую вероятность) качественных перемен, перерыва постепенности в развитии процесса. В прогнозе наиболее сложно именно предугадать эти перерывы постепенности, время их наступления. Нашумевшие «модели мира» **Форрестера**, **Медоуза** и других представляют собой предупреждения-экстраполяции.

К разновидностям экологических прогнозов, очевидно, необходимо отнести следующие прогнозы:

- изменения среды,
- воздействия на среду,
- использования природных ресурсов,
- природопользования.

Прогноз изменения среды – предсказание устойчивых перемен в природной среде, происходящих в результате сложных цепных реакций, связанных как с прямым воздействием человечества на среду, так и с отдаленными косвенными последствиями этих воздействий, включая изменения, нередко принимаемые за исключительно естественные (фактически в настоящее время природно-антропогенные). Если центр тяжести в прогнозе переносится на явления природного характера, то это физико-географический прогноз. Прогноз изменения среды представляет собой интеграцию прогнозов воздействия на среду и ответных реакций среды на эти воздействия.

Прогноз воздействия на среду – предсказание изменений в природной среде в результате воздействий на нее проектируемого, строящегося или недавно введенного в эксплуатацию производственного предприятия, сооружения или их совокупности. Реже – предварительное определение изменений в природной среде или отдельных ее составляющих в результате воздействий агентов, ранее не попадавших в природную среду или действие которых было неизвестно. Например, прогноз воздействия на среду фреонов через нарушение ими озоносферы.

Прогноз использования природных ресурсов – предварительное определение объема природных ресурсов, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот с учетом экономических, социальных, технических и экологических ограничений и возможностей. Производится на какой-либо прогнозный срок как теоретическая и экспертная или расчетная оценка.

Прогноз природопользования – предсказание динамики изменения природно-ресурсного потенциала и потребностей в природных ресурсах в локальном, региональном и глобальном масштабах.

Многие ученые считают, что географический прогноз исторически древнее экологического, но в настоящее время термином «географический прогноз» пользуются только географы, тогда как термин «экологический прогноз» широко употребляется в науке и практике. Поскольку в общей терминологии не существует правила приоритета, как в биологической систематике, понятие географического прогноза на практике слилось с понятием «*экологическое прогнозирование*». Фактически же географический и экологический прогнозы – синонимы.

В ряде случаев прогноз в рамках «большой экологии» или социальной экологии рассматривают как соединение естественноисторического, социально-экономического и технологического прогнозов, т. е. всей системы «общество – природа». Такой прогноз глобальной динамики называют также прогнозом *экоразвития*. Практически он выходит за рамки любой из отраслей знаний и является общенаучным.

Прогноз выполняется на основе создания модели природно-антропогенного процесса.

Разрабатываются и применяются различные экологические модели:

- реальные,
- идеальные,
- концептуальные,
- вербальные,
- графические,
- математические,
- аналитические,
- имитационные.

Реальная модель отражает существенные черты оригинала по самой природе своей физической (а может, химической и биологической) реализации. Примером может служить аквариум с растительностью, животным миром и микробами. Несомненно, он воспроизводит некоторые существенные характеристики естественного водоема. На сегодняшний день остается проблема адекватности реальной модели оригинальной экосистеме.

Знаковая модель представляет собой описание с помощью каких-либо символов, которые интерпретируются как отражения свойств и связей экосистемы-оригинала.

Считается, что наиболее значимы концептуальные и математические модели. Назначение первой из них – дать обобщенное и понятное выражение представлений и знаний об изучаемом объекте.

Концептуальная модель экологического процесса позволяет рассмотреть природно-антропогенные процессы различной сложности. Как известно, с помощью данной модели можно описать структуру биогеоценоза и процессы образования фотохимического смога.

Прогнозирование рассматривается как совокупность приемов мышления, позволяющих на основе ретроспективного анализа внешних и внутренних связей, присущих объекту, а также их вероятных изменений в рамках рассматриваемого явления или процесса вынести суждения определенной достоверности относительно его будущего развития.

Экологическое прогнозирование производится с помощью специальных методик:

- прямолинейной зависимости;
- по известным заранее кривым изменений;
- экспотенциальной зависимости;
- экстраполяции (продления существующих тенденций во времени);
- модельной экстраполяции, учитывающей возможную неравномерность в развитии процессов;
- анализа причинно-следственной связи;
- проведения аналогий (предполагается, что грядущий процесс будет аналогичен уже известным явлениям, происходившим в сходных условиях).

Продолжают развиваться методики прогнозирования, основанные на анализе данных экспериментов и на натуральных моделях для нахождения эмпирических зависимостей.

К наиболее современным способам необходимо отнести так называемый **метод Делфи** (интуитивное, экспертное предсказание, основанное на логическом моделировании, индивидуально проводимом группой экспертов, сближающих свои позиции на основе специальной математической обработки результатов высказывания), вообще создание тестовых моделей.

В экологическом мониторинге часто применяют метод первичного толчка (наблюдаемое слабое изменение, несущественное сейчас, рассматривается как способное перерасти в сильное, высокозначимое), качественного скачка (предсказание перехода слабого роста в сверхэкспоненциальный — вариант метода экстраполяции). Все способы имеют ограничение, связанное с неполнотой информации.

Рекомендуется при разработке прогноза соблюдать следующую последовательность:

1. Предпрогнозная ориентация.
2. Построение исходной концептуальной модели.
3. Анализ исходных данных.
4. Построение динамических рядов показателей методом экстраполяции.
5. Построение серии предварительных моделей.
6. Оценка достоверности моделей и результатов прогноза.

Предпрогнозная ориентация представляет собой предварительное обсуждение систематизированной информации на совместном заседании исследовательской группы и нескольких специалистов, способных дать важные дополнительные оценки. На этой стадии помимо основных моментов предпрогнозной ориентации определяются и уточняются масштабы и особенности исследуемых природно-антропогенных процессов, круг экспертов, перечень рабочих документов прогнозирования, производится выбор основной концепции.

Выбор и построение концептуальной модели, как правило, зависят от объекта прогнозирования. После выбора объектов рассматриваются имеющиеся фактические сведения (результаты наблюдения) и проводится сбор дополнительных сведений, методами интерполяции решаются задачи по составлению репрезентативной базы данных. Наиболее простое и в то же время достоверное предсказание можно выполнить, продолжая динамические ряды данных на будущее (этап 4). Наконец определяются наиболее оптимальные математические зависимости и модели для описания экологических процессов, дается оценка их достоверности. В случае неудовлетворительных результатов необходимо вернуться ко второму этапу и повторить процедуру разработки прогноза.

11.2 Концепция информации

Понятие «информация» невозможно вывести из представлений, относящихся к миру вещей, информация - не материя и не энергия. Безуспешными оказались и попытки рассматривать информацию как третью ипостась материи, наряду с массой и энергией: такая точка зрения неизбежно приводит к выводу о «всюдности» информации, весьма быстро приобретающему мистическую окраску. Поэтому определение информации через описание форм ее проявления и ее свойств представляется вполне правомочным. Формой проявления информации является оператор - необходимый компонент целенаправленного действия. *Информация* – совокупность приемов, правил или сведений, необходимых для построения оператора.

Прием, создание, хранение, передачу и использование информации называют *элементарными информационными актами*, а осуществление всей совокупности таких актов – *информационным процессом*. Совокупность механизмов, обеспечивающих полное осуществление информационного процесса, называют *информационной системой*. Формально информационные системы можно подразделить на *закрытые*, способные только создавать, хранить и использовать свою информацию, и *открытые*, способные также ее воспринимать и передавать. Вне информационной системы информация может лишь сохраняться в виде записей на тех или иных физических носителях, но не может быть ни принятой, ни переданной, ни использованной.

Первой ставшей нам известной информационной системой был человек. Специфическую для человека информацию, которой обмениваются люди при помощи устной и письменной речи, обычно называют *знанием (логическая информация)*.

Информацией называют также те сведения, которыми обмениваются между собой животные и которые, будучи восприняты, существенно влияют на их поведение. Это – *поведенческая информация*. Информационными системами, оперирующими с такой информацией, являются все многоклеточные животные, включая человека, и некоторые одноклеточные.

Третий известный нам вид информации – *генетическая* – записана в нуклеиновых кислотах клеток последовательностью оснований и определяет фенотипические особенности всех без исключения живых существ. Специфическими для этой информации системами являются все негенетические компоненты живых организмов.

Можно утверждать, что вне живой природы информации не существует.

Понятие «информация» несет в себе два оттенка. Во-первых, *количественный аспект*, игнорирующий смысл и значение сообщения. Предполагается, что различия сообщений связаны только с расположением символов в них и это расположение должно сохраниться при передаче информации. Этим аспектом занимается теория информации, основоположниками которой являются В.А. Котельников и К. Шеннон. Во-вторых, это смысловая оценка сообщения или, как его иногда называют *семантический аспект* информации (развитие этого направления связано с именами Р. Карнапа и И. Бар-Хиллела).

Свойства информации:

- **Фиксируемость.** Информация может существовать только в зафиксированном состоянии. Можно полагать, что способов записи информации может существовать столько, сколько может быть способов ее считывания. Для фиксации информации можно использовать не менее двух различных знаков или букв.

- **Инвариантность информации** означает, что одна и та же информация, независимо от ее семантики, может быть «записана» на любом языке, любым алфавитом, т.е. системой знаков, наносимых любыми способами на любые носители.

- **Бренность информации.** Поскольку информация всегда зафиксирована на каком-либо физическом носителе, постольку сохранность и само существование информации целиком и полностью определяется судьбой ее носителя. Условием неограниченно-длительного существования информации из-за её бренности является только периодическая ее репликация или, точнее, требование, чтобы скорость репликации была больше скорости ее деградации.

- **Транслируемость** – возможность быть переданной с одного носителя на другой, такой же или иной физической природы, в той же или иной системе записи.

- Когда скорость транслируемое превосходит скорость разрушения и гибели информации, это приводит к ее размножаемости. Следствием размножения информации является ее мультипликативность, т.е. возможность одновременного существования одной и той же информации в виде некоторого числа идентичных копий на одинаковых или разных носителях.

- **Изменяемость.** Деформируемость физических носителей, а также ошибки при трансляции могут приводить не только к гибели информации, но и к ее изменениям.

- **Действенность информации** может выявляться лишь в адекватной ей информационной системе, – вне таковой любая информация абсолютно пассивна.

- **Семантика информации** может проявляться лишь одним путем – в специфике кодируемого ею оператора. Возможность быть использованной – в ее материализованном виде, т.е. в качестве оператора, – для достижения той или иной цели обуславливает ценность информации.

- **Полипотентность** – любой оператор может быть использован для достижения разных целей. Из свойства полипотентности следует, что для чего-нибудь полезной может оказаться любая информация.

Информация в растительных сообществах

Определение количества информации, которое передается и воспринимается объектами растительного сообщества, еще не дает полного представления о характере взаимодействия этих объектов. Действительно, два воздействия АВ и ВА несут

одинаковое количество информации, но могут быть причиной различного поведения системы, находящейся под воздействием. Важное значение имеет не только количественная оценка информации, но и ее качественная составляющая (в данном случае - порядок воздействия).

Возможные *носители информации в растительных сообществах*:

- 1) качестве информационных сигналов могут выступать различные лимитирующие факторы,
- 2) факторы, зависящие от плотности особей,
- 3) аллелохимические (аллелопатические) взаимодействия,
- 4) электромагнитные поля биологического происхождения.

Информационные поля животных

Информационные взаимодействия в животном мире, как и вещественно-энергетические, наиболее отчетливо проявляются на уровне популяции, как совокупность внутри- и межпопуляционных информационных потоков. На популяционном же уровне процессы информации тесно связаны с динамикой плотности населения.

Количественная сторона информации сообщает животным о плотности населения. Каждая особь является приемником информации и ее продуцентом. Эта информация и вызывает ответную реакцию, направленную на восстановление оптимального уровня интенсивности сигнального биологического поля, а, следовательно, и оптимального уровня численности.

По Н.П. Наумову, *сигнальное биологическое поле* – это упорядоченная совокупность изменения организмами исходных физических и химических характеристик мест их обитания, выступающих как совокупность сигналов или система связей, сплачивающих животных в более или менее тесные группы с согласованным поведением. При конкретных экологических исследованиях сигнальное биологическое поле удобно рассматривать как информационную систему, имеющую три параметра:

- *величина биологического поля* выступает как нечто, организованное из элементов объектов и событий среды, вовлеченных животным в процессе двигательной активности в сферу своей деятельности. Это пространственный параметр биологического сигнального поля;

- элементами «*напряженности биологического поля*» выступают уже не физические объекты и события среды, имеющие сигнальное значение для реагирующих на них особей, а реакции особи на них.

- параметр «*анизотропность биологического поля*» подразумевает субсистему, организованную одновременно из элементов физико-химической природы (объектов и событий среды) и функциональных элементов (повторных реагирований на объекты и события среды сходной сигнальной природы, т.е. несущих одинаковый для воспринимающей его особи сигнал).

Сигнальные биологические поля имеют иерархическую организацию соответствующую системной организации живого надорганизменных уровней: индивидуальное (или элементарное) биологическое поле; групповое биологическое поле; общее сигнальное поле популяции; сигнальное поле коадаптивного комплекса экологически близких видов; биоценотическое сигнальное поле.

Информация и феномен жизни

Принципиальное отличие живых объектов от неживых состоит в том, что все живые объекты способны осуществлять целенаправленные действия. Способность эта обусловлена их организацией, особенности которой задаются кодирующей эту организацию информацией. Все живые объекты, по существу, – это информационные системы, которые, попадая в подходящие условия, могут обеспечивать воспроизведение кодирующей их информации. *Жизнь, таким образом, – это форма существования информации и кодируемых ею операторов, обеспечивающих возможность воспроизведения этой информации в подходящих для этого условиях внешней среды.* Цель жизнедеятельности всех живых организмов – это воспроизведение кодирующей их информации.

В ходе эволюции жизни на Земле возникали информационные системы все большей степени сложности. *Феномен жизни* и ее эволюцию можно интерпретировать как строго преемственный процесс возникновения и развития информации, постепенно, по мере исчерпания емкости своих физических носителей, приобретающей все новые формы: генетической, поведенческой и логической.

1) *Понятие информации, классификация информации, аспекты информации.*

2) *Основные свойства информации.*

3) *Информация и феномен жизни. Отличия живого от неживого, отличия человека от других живых организмов.*

4) *Информация в растительных сообществах.*

5) *Информационные поля животных.*

Модели и моделирование в экологии

По мере развития науки и техники Человек все чаще сталкивается с необходимостью исследования объектов, прямое экспериментирование с которыми невозможно. В подобных ситуациях математическое моделирование и экспериментирование с системами математических моделей, которые с определенной точностью воспроизводят (имитируют) реальность, становятся единственным возможным средством анализа.

Модель – упрощенное, «упакованное» знание, несущее вполне определенную и ограниченную информацию о том или ином предмете, явлении, отражающее те или иные его отдельные свойства. Это упрощение (огрубление) осуществляется путем сознательного удаления из системы некоторых элементов и связей, в результате мы получаем подсистему Y^1 . С другой стороны, модель должна, в определенном смысле, верно отражать оригинал.

Стратегия моделирования заключается в попытке путем упрощения получить модель, свойства и поведение которой можно было бы эффективно изучать, но которая в то же время оставалась бы достаточно сходной с оригиналом, чтобы результаты этого изучения все же были применимы и к оригиналу. Обратный переход от модели Y к оригиналу называется *интерпретацией модели*.

Модель, какой бы язык она ни использовала, содержит не только ту информацию, которая послужила ее источником и основой, – в модели оказывается закодированными и новые знания, то, что люди раньше и не знали.

Цели построения моделей:

- 1) для определения общего направления исследований или для того, чтобы предварительно обрисовать контуры проблемы, подлежащие более детальному изучению;
- 2) для предсказания изменения системы во времени и в пространстве.

Модели можно оценивать по нескольким основным свойствам:

- 1) *Реалистичность* – это степень, с которой математические утверждения модели, будучи облечены в слова, соответствуют биологическим представлениям, которые они призваны отражать.
- 2) *Точность* – способность модели количественно предсказывать изменения и имитировать данные, на которых они основаны.
- 3) *Общность* – это диапазон приложимости модели, то есть число различных ситуаций, в которых модель может работать.
- 4) *Разрешающая способность* – количество признаков системы, которые пытается отразить модель.

Анатомия математических моделей

Следует выделять 4 основных компонента математических моделей:

- 1) *системные переменные* – это ряды чисел, которые используются для представления состояния системы в любой момент времени. В любой момент времени экосистемы состоят из ряда компонентов (или блоков), для характеристики которых используется одна или несколько системных переменных;
- 2) взаимоотношение (взаимодействие) между блоками описываются при помощи *функциональных зависимостей*, обычно это либо математические формулы, либо уравнения;
- 3) входы системы (или факторы), которые влияют на компоненты экосистемы, но не находятся под их влиянием описываются *вынуждающими функциями*;
- 4) константы математических моделей называются *параметрами*. Как параметры можно рассматривать и мало изменяющиеся переменные состояния. В свою очередь, параметры могут переходить в переменные, если они не удовлетворяют модели.

Классификация моделей

В зависимости от особенностей системы-оригинала и задач исследования применяются самые разнообразные модели, которые целесообразно классифицировать по следующим признакам (рисунок 18).

По типу реализации различаются *реальные* и *знаковые* модели. *Реальная модель* отражает существенные черты оригинала уже по самой природе своей физической реализации (аквариум как модель природных водоемов).

Знаковая модель представляет собой условное описание системы-оригинала с помощью данного алфавита символов и операций над символами, в результате чего получаются слова и предложения некоторого языка, которые с помощью определенного кода интерпретируются как образы некоторых свойств элементов системы-оригинала и связей между ними.

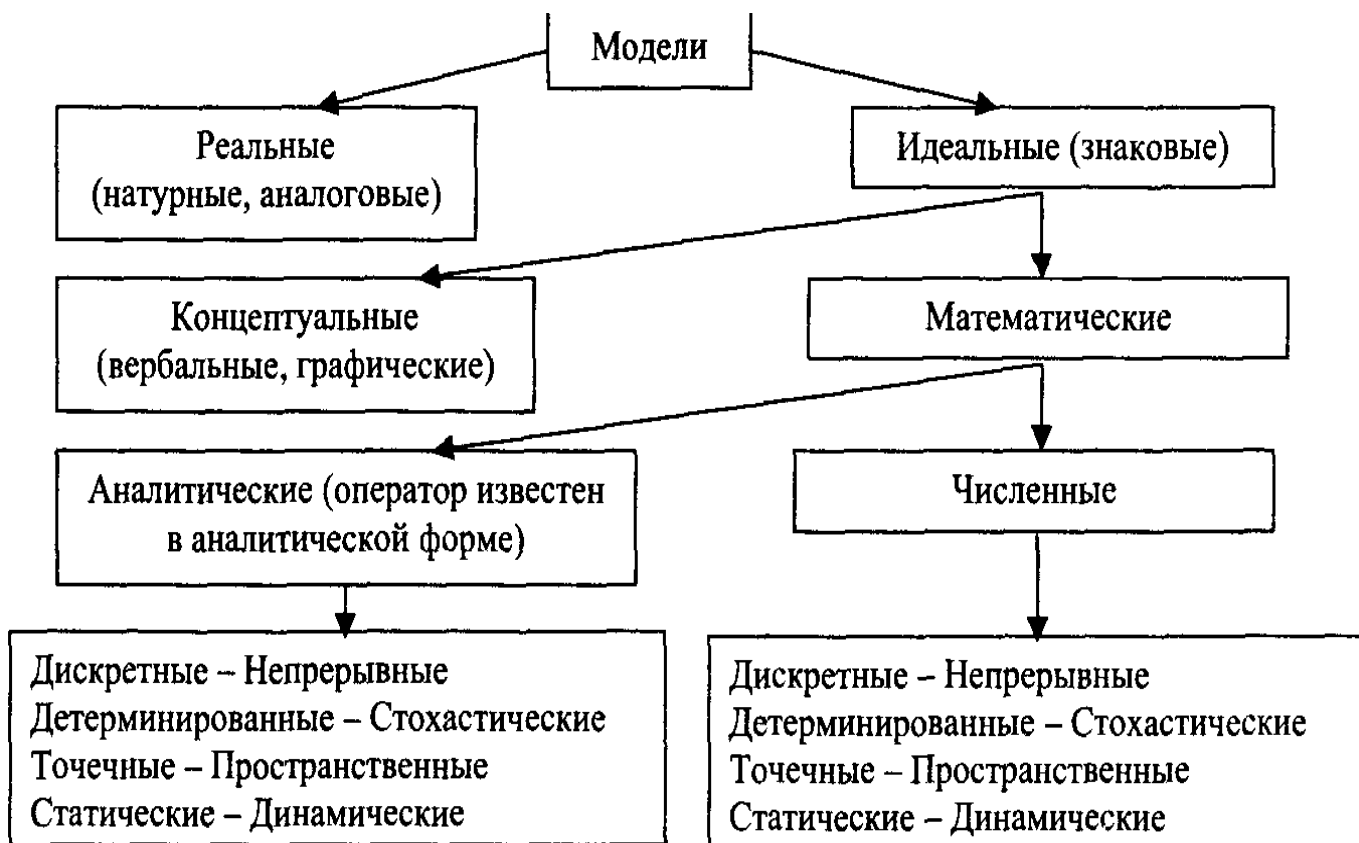


Рис. 18 – Схематическая классификация моделей

Концептуальная модель представляет собой несколько более формализованный и систематизированный вариант традиционного естественнонаучного описания изучаемой экосистемы, состоящей из научного текста, сопровождаемого блок-схемой системы, таблицами, графиками и прочим иллюстративным материалом.

При количественном изучении динамики экосистем гораздо более эффективны методы *математического моделирования*. Если найдено точное аналитическое выражение, позволяющее для любых входных функций и начальных условий непосредственно определять значение переменных состояния в любой нужный момент времени, то модель принято называть *аналитической*. В то же время, если совокупность уравнений и неравенств непротиворечива и полна, то нередко удается найти алгоритм численного решения этих уравнений на ЭВМ. Такие модели называются *численными*, или *имитационными*.

В зависимости от степени определенности предсказания модели делятся на детерминированные и стохастические (вероятностные). В *детерминированной* модели значения переменных состояния определяются однозначно (с точностью до ошибок вычисления). *Стохастическая* модель для каждой переменной дает распределение возможных значений, характеризуемое такими вероятностными показателями. По характеру временного описания динамики переменных состояния различаются *дискретные* и *непрерывные* модели. *Дискретная* модель описывает поведение системы на фиксированной последовательности моментов времени $t_0 < t_1 < \dots < t_n$, тогда как в *непрерывной* модели значения переменных состояния могут быть рассчитаны для любой точки t рассматриваемого интервала.

Модели, в которых пространственное строение экосистемы не рассматривается, принято называть *моделями с сосредоточенными значениями* (или

точечными моделями), в отличие от моделей с распределенными значениями, в которых переменные состояния X_i зависят не только от времени, но и от пространственных координат (одной или нескольких).

Общая схема системного подхода к изучению экосистем

Изучение экосистемы оказывается наиболее эффективным, когда все методы - наблюдение, эксперимент, моделирование, интегрируются в едином процессе экологического исследования на основе системного подхода.

Этапы изучения экосистем схематически показаны на рисунке 19.

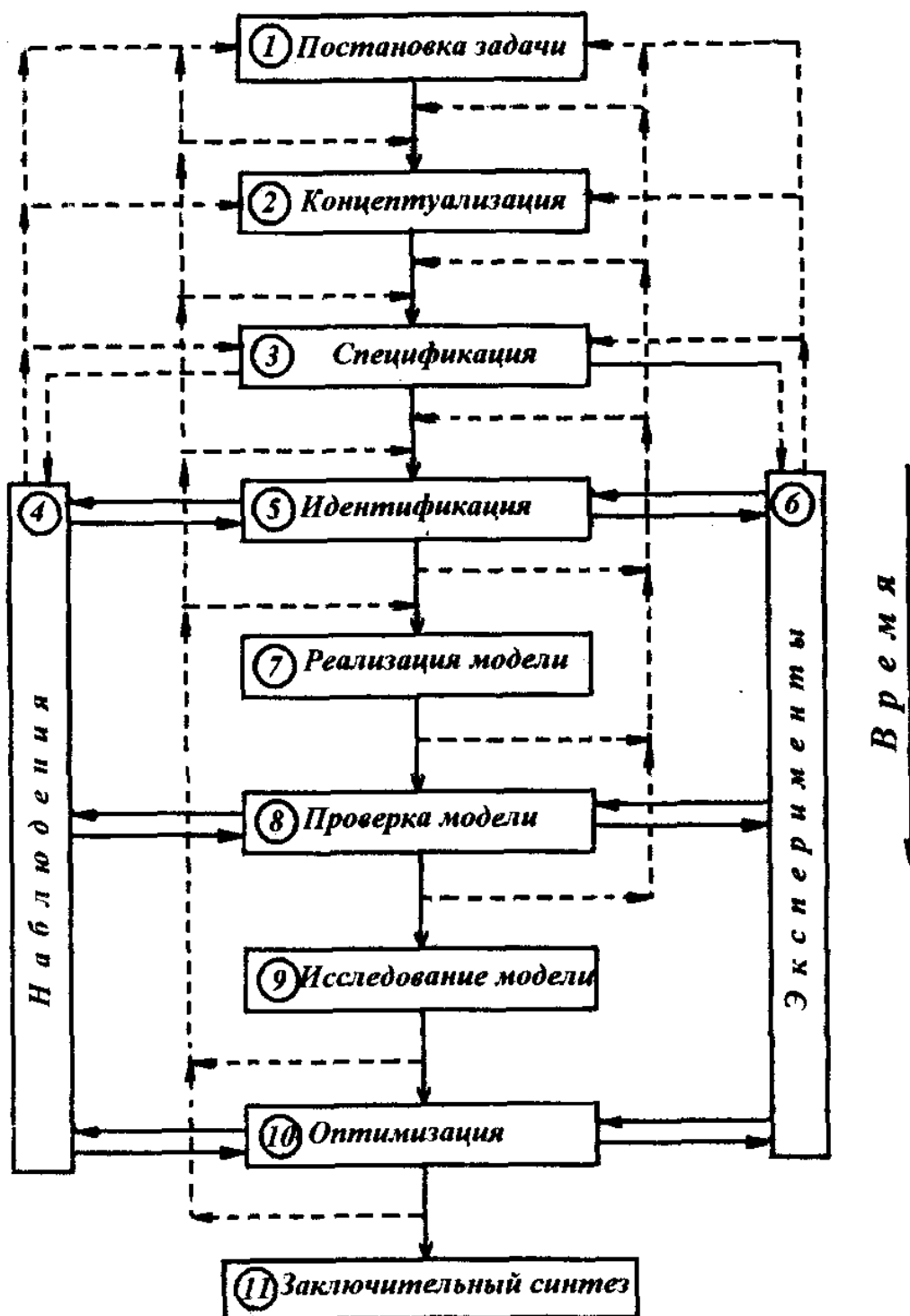


Рис. 19 – Этапы изучения экосистем

Факторы, действующие в экосистемах. Помехи в экосистемах

Экологический фактор - одно из наиболее общих и чрезвычайно широких понятий экологии. Экологические факторы делятся на *внешние (экзогенные)* и *внутренние (эндогенные)* по отношению к данной экосистеме.

Второй распространенный классификационный принцип – это деление факторов на *биотические* и *абиотические*.

Широкое использование в экологической литературе находит классификация факторов в основном по отличительным свойствам экосистемы и внешней среды, специфическое влияние которых они характеризуют (*метеорологические (климатические)*), *геологические*, *гидрологические*, *миграционные (биогеографические)*, *антропогенные*, *эдафические*, и *биотические*.

Важным классификационным показателем служит характер временной динамики экологических факторов, в особенности наличие или отсутствие ее периодичности (суточной, лунной, сезонной, многолетней).

Особая роль среди экологических факторов принадлежит *суммативным (аддитивным)* факторам, характеризующим численности, биомассы или плотности популяций организмов, а также запасы или концентрации различных форм вещества и энергии, временные изменения которых подчиняются законам сохранения. Подобные факторы называются *ресурсами* (ресурсы тепла, влаги, органической и минеральной пищи). В отличие от них такие факторы, как интенсивность и спектральный состав радиации, уровень шума, окислительно-восстановительный потенциал, скорость ветра или течения, размер и форма пищи и т. д., которые также сильно влияют на организмы, относятся к категории *условий*.

По степени воздействия на организмы экологические факторы далеко не равносильны, Вследствие этого в экосистемах разного типа некоторые факторы выделяются как наиболее *существенные*, или *императивные*.

11.3 Кибернетическая природа и стабильность экосистем

Помимо потоков энергии и круговоротов веществ, экосистемы характеризуются развитыми информационными сетями, включающими потоки физических и химических сигналов, связывающих все части системы и управляющих (или регулирующих) ею как одним целым. Поэтому можно считать, что экосистемы имеют кибернетическую (от греч. *kybernetike* — искусство управления) природу, хотя в отличие от созданных человеком кибернетических устройств ее управляющие функции сосредоточены внутри нее. Механические устройства, осуществляющие обратную связь, инженеры часто называют *сервомеханизмами*, тогда как биологи для живых систем используют термин *гомеостатические механизмы*. Кибернетическую природу экосистемы труднее выявить потому, что компоненты на экосистемном уровне связаны в информационные сети различными физическими и химическими агентами-«посредниками». В масштабе экосистемы эти слабые, но очень многочисленные связи энергии и химической информации были названы *«невидимыми проводниками природы»*.

Помимо системы обратной связи стабильность обеспечивается *избыточностью функциональных компонентов*. Например, если в сообществе имеется несколько видов автотрофов, каждый из которых характеризуется своим температурным диапазоном функционирования, то скорость фотосинтеза сообщества в целом может оставаться неизменной, несмотря на колебания температуры.

Степень стабильности, достигаемая конкретной экосистемой, зависит от ее истории, эффективности ее внутренних управляющих механизмов, характера среды на входе и от сложности экосистемы. Как правило, экосистемы имеют тенденцию становиться сложнее в благоприятной физической среде, чем в среде со стохастическими (непредсказуемыми) нарушениями на входе, например штормами.

Резистентная устойчивость – это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменной свою структуру и функцию. *Упругая устойчивость* — это способность системы восстанавливаться после того, как ее структура и функция были нарушены. Оба типа стабильности взаимно исключают друг друга. Поскольку системе трудно одновременно развить оба типа устойчивости, обычно при благоприятных физических условиях среды экосистемы в большей степени проявляют резистентную, а в изменчивых условиях - упругую устойчивость.

Биологическая регуляция геохимической среды

ГИПОТЕЗА ГЕОМЕРИДЫ Беклемишева (1931) - одна из первых гипотез теоретической глобальной экологии. *Геомерида* - весь живой покров Земли, рассматриваемый как целостная иерархическая система, миллионы лет пребывающая в состоянии динамического устойчивого равновесия. *Если биосфера - высший биотоп, то Геомерида - высший биоценоз.*

ГИПОТЕЗА ГЕИ Лавлока-Маргулис (1979) - представление о биологическом "контроле" на биосферном уровне факторов абиотической среды и существовании сложной, живой, саморегулирующейся системы поддержания на Земле условий благоприятных для жизни.

Известно, что абиотическая среда контролирует деятельность организмов. Организмы в свою очередь влияют на абиотическую среду и контролируют ее самыми разнообразными способами. Организмы постоянно изменяют физическую и химическую природу инертных веществ, отдавая в среду новые соединения и источники энергии. Это распространение биологического контроля на глобальный уровень стало основой *гипотезы Геи* (Гея – древнегреческая богиня Земли). Лавлок и Маргулис рассматривают сложную сеть микроорганизмов «коричневого пояса» как тонкую регулируемую систему, функционирующую по *принципу хемостата*, которая поддерживает пригодные для жизни условия. Эта регулирующая система («Гея») делает Землю сложной, но единой кибернетической системой.

ГИПОТЕЗА БИОТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ Горшкова – представления о биотическом механизме регуляции окружающей среды на основе высокой степени замкнутости круговорота углерода. "Потоки синтеза и разложения органических веществ скоррелированы с точностью 10^7 . Отношение потока отложения органического углерода к потоку его синтеза характеризует разомкнутость круговорота веществ. Естественная разомкнутость имеет значение порядка 10^4 , которое поддерживается с относительной точностью порядка $1(\Gamma^3)$. Скоррелированность потоков синтеза и распада с указанной точностью доказывает наличие *биологической регуляции окружающей среды*, ибо случайная связь величин с такой точностью в течение миллионов лет невероятна.

Стабильность экосистем

Поскольку стабильные экосистемы (дождевой лес, коралловые рифы) обладают высоким видовым разнообразием, возникло искушение сделать вывод, что разнообразие повышает стабильность. Однако многочисленные виды, вступая друг с другом в конкурентную борьбу, могут дестабилизировать экосистему. Поэтому в

природе нигде и никогда не достигается максимальное теоретическое разнообразие. В тех случаях, когда разнообразие высоко, в среднем, по-видимому, достигается 80 % максимального биоразнообразия.

Для того чтобы разнообразие внутри одного местообитания или типа сообщества не путать с разнообразием ландшафта или региона, который содержит смесь местообитаний, Уиттэкер (Whittaker) предложил следующие термины:

- 1) α -разнообразие для разнообразия внутри местообитания или внутри сообщества;
- 2) β -разнообразие для разнообразия между местообитаниями;
- 3) γ -разнообразие для разнообразия в обширных регионах биома, континента, острова и т. д.

К элементам структурного разнообразия в экосистемах относят:

1. *Стратификационные принципы* (вертикальная слоистость, ярусность растительного покрова и структура почвенных профилей);
2. *Зональность* (горизонтальная разобщенность, вертикальная поясность в горах или в литоральной зоне);
3. *Характер активности* (периодичность);
4. *Структура пищевой сети* (сетевая организация пищевых цепей);
5. *Репродуктивные системы* (ассоциации родителей и потомства, клоны растений и т. д.);
6. *Социальные структуры* (стада и табуны);
7. *Системы взаимодействия* (возникают в результате конкуренции, антибиоза, мутуализма и т. д.);
8. *Стохастические структуры* (возникают в результате действия случайных сил).

Увеличение разнообразия обусловлено также «*краевыми эффектами*» — контактами между пятнами контрастирующих типов растительности или физическими местообитаниями.

Стабильность более тесно связана с *функциональным разнообразием*: гусеница и бабочка или лягушка и головастик играют значительно более разнообразные роли в сообществе, чем два вида гусениц или взрослых лягушек.

Генотипическое разнообразие остается скрытым, если характеризовать сообщество только на уровне видов. Классическая теория основывалась на том, что особи в популяции должны быть гомозиготными по аллелям, дающим наибольшую приспособленность:

$$\frac{a_1 b_1 c_1 d_1 e_1 f_1}{a_1 b_1 c_1 d_1 e_2 f_1}$$

Альтернативная теория «*сбалансированного полиморфизма*» утверждает, что

$$\frac{a_1 b_3 c_2 d_1 e_1 f_5}{a_3 b_2 c_6 d_1 e_2 f_4}$$

особи гетерозиготны по большинству локусов:

Справедливость этой теории подтверждается современными биохимическими методами, которые могут выявить скрытую генетическую изменчивость. В отсутствие такой генотипической изменчивости виды оказались бы неспособными адаптироваться к новым ситуациям и, следовательно, должны были бы вымереть в

изменяющейся среде.

Биологическое разнообразие животных, растений и микроорганизмов представляет собой фактор фундаментальной важности для выживания человечества. На протяжении истории уменьшение видового и генетического разнообразия приносило кратковременную выгоду человеку при ведении лесного и сельского хозяйства.

Сейчас утверждается, что биота управляет окружающей средой, обеспечивая оптимальные условия для своего существования. Чтобы не допустить глобальной экологической катастрофы, необходимо обеспечить разнообразие в биосфере. Подсчитано, что при исчезновении 1/5 части видов растений и животных в биосфере начнутся цепные реакции, которые невозможно будет остановить. В этой связи необходимы финансовые затраты на сохранение видов растений и животных. Даже определена *цена вида*», которая рассчитана по следующей формуле:

$$\text{Цена вида} = \frac{\text{мировой валовый продукт}}{\frac{1}{5} \text{ числа видов в биосфере}}$$

В денежном выражении (по данным 1994 г.) это составило 13 трлн. \$ / 0,4-0,5 млн. видов = 32,5 млн. \$; причем числитель этой дроби постоянно увеличивается, а знаменатель уменьшается, т.е. стоимость вида растет чрезвычайно быстро.

Кибернетическая природа экосистем и социальных систем. Типы устойчивости экосистем.

Биологическая регуляция геохимической среды, гипотеза Геомериды, гипотеза Геи, гипотеза биотической регуляции Горшкова.

Стабильность экосистем: структурная, функциональная, генетическая.

Озабоченность исчезновением видов и утратой биоразнообразия.

Объяснение и прогнозирование в экологии

При исследовании простых систем (например, в классической физике) функции объяснения и предсказания совмещаются в рамках одного закона (Закон всемирного тяготения Ньютона и т.п.) Для сложных свойств сложных систем одна модель (один закон) будет не в состоянии одновременно удовлетворительно выполнять как объяснительную, так и предсказательную функции.

Логическая структура научного объяснения и предсказания

Процесс объяснения заключается в том, что некоторые явления или свойства сложных систем пытаются подвести под заранее установленные и принятые в данной теории законы и гипотезы (*дедуктивное объяснение*). Методы *индуктивного объяснения*, связаны с выдвижением статистических гипотез и получением статистических описаний для объясняемого явления. В этот класс следует отнести методы экстраполяции, адаптивных оценок и аналогий.

Методы предсказания также делятся на *дедуктивные* (в количественном прогнозировании это – имитационные модели) и *индуктивные* (классический регрессионный анализ). Различия этих процессов объяснения и предсказания заключаются в том, что предсказание имеет "положительную" направленность во времени (относится к настоящему или будущему), а объяснение – "отрицательную" (к настоящему или прошлому).

Научное прогнозирование – это специальное исследование, имеющее свою

методологию и технику, проводимое в рамках управления, с целью повышения уровня его обоснованности и эффективности.

Исследование будущего разделяется на два качественно различных направления:

- *Поисковое прогнозирование* – это анализ перспектив развития существующих тенденций на определенный период и определение на этой основе вероятных состояний объектов управления в будущем при условии сохранения существующих тенденций в неизменном состоянии или проведения тех или иных мероприятий с помощью управленческих воздействий;

- *Нормативное прогнозирование* представляет собой попытку рационально организованного анализа возможных путей достижения целей оптимизации управления.

Имитационные модели глобальных процессов

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ в биосфере – модели для описания изменений компонент экосистем (*биогеохимических циклов*) под воздействием антропогенных факторов в масштабе биосферы.

Одной из первых глобальных моделей изменения биосферы атмосферы и климата была модель В.А. Костицына (1935). Моделями биогеохимических циклов занимался Крапивин. Создание ЭВМ позволило рассмотреть очень сложные проблемы, важные для всего человечества. Возникла наука «глобалистика», основанная на изучении с помощью моделирования на ЭВМ общепланетарных проблем, глобальных проблем человечества. В конце 70-х – начале 80-х годов в ВЦ АН СССР под руководством Н.Н. Моисеева была создана версия глобальной модели биосферы названная «Системой Геи». С ее помощью был проанализирован сценарий «локального ядерного конфликта», описан эффект «ядерной зимы» и дан прогноз глобальных изменений в биосфере. При моделировании функционирования биосферы выяснилось, что после крупномасштабных воздействий биосфера никогда не возвращается в исходное состояние. Каждый раз это будет новая биосфера, и ее параметры, как правило, исключают возможности дальнейшего развития человека.

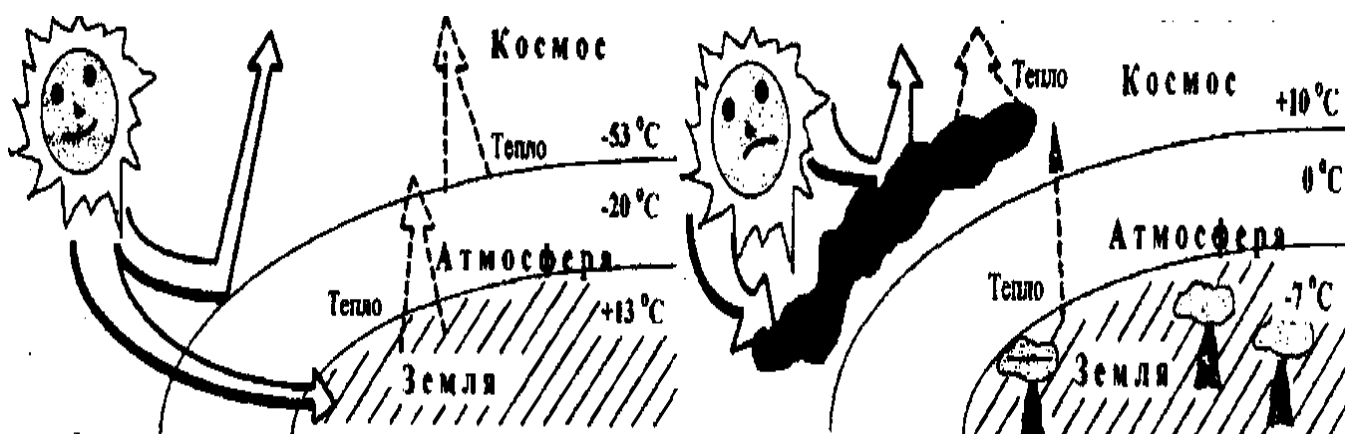


Рис. 20 – Иллюстрация эффекта "ядерной зимы" (температура указана для поверхности почвы, средних и верхних слоев атмосферы)

Модели Римского клуба

Методологической основой построения прогнозов в глобальном масштабе стали методы математического моделирования и, прежде всего, методы системной динамики Дж. Форрестера. Он построил примитивную, но достаточно всеобъемлющую математическую модель, которая могла бы грубо имитировать развитие мировой ситуации с помощью пяти основных взаимозависимых переменных: численности населения, объема капиталовложений, использования невозобновимых ресурсов, производства продовольствия и загрязнения среды.

Модель «Мир-1» состояла из 42 нелинейных уравнений, описывающих взаимосвязь между выбранными переменными. Первая модель: увеличивается население - ускоренный рост всех остальных показателей. Прогноз: экологическая катастрофа между 30 и 50 годами 21 века.

Вскоре профессор Д. Медоуз с группой ученых усовершенствовал модель мира, получив модель «Мир-2», или «модель стабилизации общества»: после 1975 г. прирост населения должен быть равен нулю, капиталовложения в промышленность - равняться амортизации, вводится повторное использование ресурсов и внедрение безотходных технологий. Прогноз: стабилизация, при которой уровень производства на душу населения будет в три раза превышать среднемировой уровень 1970 года.

Третья модель «Мир-3»: те же меры, что и в модели стабилизации, но не с 1975, а с 2000 года. Прогноз: равновесие не достигается. Недостаток продовольствия будет ощущаться ранее 2100 года.

К середине 1980-х годов имелось более 15 глобальных прогнозов, получивших название "моделей мира". Самые известные и наиболее интересные из них - это "Мировая динамика" Дж. Форрестера, "Пределы роста" Д. Медоуза с соавторами, "Человечество у поворотного пункта" М. Месаровича и Э. Пестеля, "Латиноамериканская модель Баричоле" А. О. Эрреры (ЛАММ), "Будущее мировой экономики" В. Леонтьева, "Мир в 2000 году. Доклад президенту" Британская SARUM-модель, японская модель FUGI и мировая модель ООН (UNWM) и другие.

Принципы устойчивого развития

Основные проблемы, стоящие на пути достижения цели устойчивого развития, таковы:

1. Рост населения;
2. Проблема производства продуктов питания, защита ресурсов и окружающей среды;
3. Сохранение почвы;
4. Охрана водных ресурсов Земли;
5. Защита лесов;
6. Защита атмосферы Земли;
7. Управление отходами, образуемыми в процессе человеческой деятельности;
8. Эффективное использование энергии;
9. Развитие промышленности и экологизация технологий;
10. Устойчивость экосистем;
11. Сохранение биологического разнообразия;
12. Ответственность и значение отдельных личностей за экологически обоснованный выбор и достижение поставленных целей.

Концепция устойчивого развития интегрирует в себе экологическую, экономическую и социальную сферы и является политическим документом для успешной реализации которого необходимо последовательное проведение демократизации управления и соблюдение следующих принципов:

- *Принцип иерархической организации.* Каждый уровень (крупные и средние города, области, автономии; регионы; государства, федерации; планета Земля) иерархической организации территории решает задачи в пределах своей компетенции, за счет собственных сил и средств, оказывая методическую и консультативную помощь нижележащим уровням и представляя интересы последних перед более высокими уровнями.

- *Принцип единства целей.* Деятельность всех уровней иерархии объединяется единством целей: обеспечение мира и безопасности; рациональное экологически сбалансированное природопользование; рациональное использование естественных и антропогенно-измененных ландшафтов, охрана разнообразия растительного и животного мира, эталонных природных систем, реконструкция нарушенных ландшафтов.

- *Принцип последовательной экологизации всех сфер жизнедеятельности.* Ресурсы каждой территории находятся в собственности и распоряжении ее населения и используются для удовлетворения основных материальных, духовных, эстетических потребностей, обеспечения здоровья населения, полноценного его воспроизводства и достижения целей устойчивого развития.

- *Принцип «управление – для населения».* Управление территориями строится на принципе передачи местным органам максимально возможных, а центральной власти - минимально необходимых полномочий в принятии решений, а также на основе достижения общественного согласия по наиболее существенным вопросам, затрагивающим интересы всего населения или отдельных групп.

- *Принцип единого контроля и доступности информации.* Население имеет право получать любую информацию, касающуюся экологической обстановки; органы управления не могут препятствовать получению и распространению информации и участию населения в решении проблем устойчивого развития территории. Любой род деятельности открыт для служб экологического контроля всех уровней.

- *Принцип финансирования программ устойчивого развития.* Этапность выполнения программ устойчивого развития территорий любого масштаба следует напрямую связать с выделением в защищенных разделах бюджетов территорий (страны, области, города) отдельной строкой расходов на охрану окружающей природной среды в объемах: I этап – не менее 3 % расходной части бюджета; II этап – не менее 5 % расходной части бюджета; III этап – не менее 7 % расходной части бюджета;

- *Принцип осуществимости программ устойчивого развития.* На каждом иерархическом уровне для достижения устойчивого развития необходима реализация следующих систем обеспечения такой Программы: законодательно-правовой и нормативной; экономической; контрольно-информационной (мониторинговой); научной; просветительно-образовательной; материально-технической и кадровой; организационной.

Научное объяснение и предсказание. Глобалистика и каковы ее задачи. Имитационные модели глобальных процессов в биосфере.

Феномен термина "информация".

12 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В МОНИТОРИНГЕ

Управление в структуре экологического мониторинга и правовые основы мониторинга

Изучение сущности современных экологических процессов, попытки регулирования природного и природно-техногенного равновесия не могут обойтись без научного управления системами различного масштаба. Схема управления в применении к экологическим системам при анализе ее содержательности переходит в разряд наисложнейших. В настоящее время человеческое сообщество не обладает возможностями, позволяющими решать задачи экологического управления с достаточной полнотой. Под экологическим управлением понимается сознательная деятельность по регулированию экосферы в соответствии с практическими целями социума на основе познанных объективных экологических закономерностей естественного или техногенного характера.

В целом экологическая мониторинговая система решает одновременно две задачи: познания и управления, причем первая ставится с расчетом на переход ко второй. Данные наблюдения и контроля служат и базой для получения новых знаний (рисунок 21) и обоснованием к планированию управления объектом. Чем меньше известно об объекте, тем более совершенным должен быть датчик с целью извлечения максимальной информации об объекте контроля и управления.

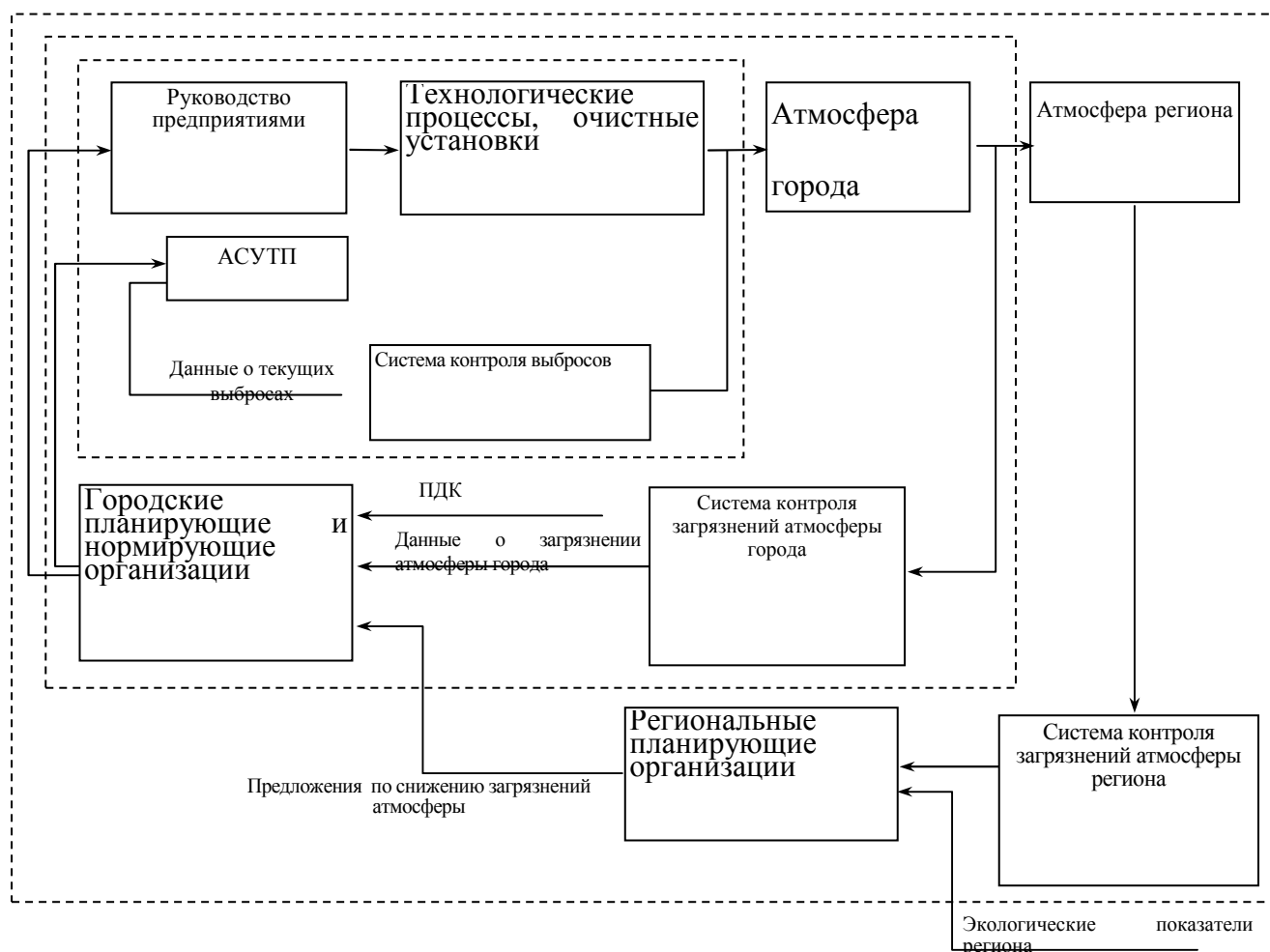


Рис. 21 – Получение данных наблюдений

Достичь экономически эффективного регулирования и управления качеством природной среды при самых строгих нормах природопользования возможно решением следующих вопросов:

- какое качество природной среды в комплексных и единичных показателях будет приниматься за «нормальное» и «высокое»;
- к какому уровню качества природной среды следует стремиться при восстановительной природоохранной деятельности с учетом экологической и экономической точек зрения и какими критериями руководствоваться;
- проведение каких мероприятий необходимо для уменьшения, снижения или полной компенсации вредных техногенных воздействий, снижения или полной ликвидации экологического ущерба, достижения нового, более высокого уровня качества природной среды;
- какова эффективность и полезность природоохранных, восстановительных или компенсационных действий на длительных временных интервалах (долговременный экологический прогноз);
- как определять приоритетность действий при столкновении экономических и экологических интересов.

Основные положения о мониторинге сформулированы в законе РФ «Об охране окружающей среды». Кроме того, положения о мониторинге имеются во всех природоресурсных и иных нормативных правовых актах. К примеру, органы санэпиднадзора обязаны проводить социально-гигиенический мониторинг, регулируемый Положением о санитарно-гигиеническом мониторинге, утвержденным постановлением Правительства РФ от 6 октября 1994 г.

В соответствии с законом «Об охране окружающей среды» организуется государственная служба наблюдения за состоянием окружающей среды, т.е. за происходящими в ней физическими, химическими и биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов. Эта служба фиксирует последствия влияния антропогенных воздействий на растительный и животный мир, обеспечивает заинтересованные организации и население текущей, экстренной и прогнозной информацией об изменениях в окружающей среде. На Правительство РФ возложена задача определения порядка организации и деятельности государственной службы наблюдения.

Постановление Правительства РФ от 3 августа 1992 г. «О повышении эффективности использования в народном хозяйстве гидрометеорологической информации и данных о загрязнении окружающей природной среды» обязывает предприятия и организации Росгидромета и Минприроды России предоставлять специализированную гидрометеорологическую информацию и данные о загрязнении окружающей природной среды коммерческим структурам, предприятиям и организациям гражданской авиации, морского и железнодорожного транспорта на договорной основе (за плату).

За счет централизованных ассигнований из федерального бюджета Росгидромет и Минприроды России осуществляют следующие функции:

- обеспечение населения и хозяйственно-экономических структур предупреждениями (оповещениями) о возникновении стихийных гидрометеорологических и гелиогеофизических явлений, информацией о фоновом состоянии загрязнения окружающей природной среды, прогнозами погоды общего

пользования на период до трех суток;

- ведение государственных банков (архивов) данных в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды;
- выполнение международных обязательств РФ по передаче (обмену) гидрометеорологической информации и данных по загрязнению окружающей природной среды.

С целью повышения эффективности работ по сохранению и улучшению состояния окружающей среды Правительство РФ мониторинга.

Условия пользования информационными ресурсами, формируемыми в процессе проведения мониторинга окружающей среды, регулируются Положением об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды, утвержденным постановлением Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. В соответствии с Положением к информационным услугам в области мониторинга загрязнения окружающей среды отнесено предоставление организациями Росгидромета оперативно-прогностической, аналитической, режимно-справочной информации общего назначения и специализированной информации.

Информация в области мониторинга загрязнения окружающей среды общего назначения предоставляется пользователям (потребителям) бесплатно или за плату, не возмещающую в полном размере расходы на эти услуги. Такие расходы компенсируются из средств федерального бюджета. Бесплатно названная информация предоставляется органам государственной власти РФ и органам единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Определить эффективность функционирования системы управления окружающей средой, решать разнообразные задачи управления может рационально организованная и постоянно действующая система экологического мониторинга.

Система управления окружающей средой – часть общей системы административного управления, которая включает организационную структуру, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики.

Международные стандарты серии ИСО 14000, распространяющиеся на управление окружающей средой, предназначены для обеспечения организаций элементами эффективной системы управления окружающей средой, которые могут быть объединены с другими элементами административного управления с тем, чтобы содействовать организациям в достижении экологических и экономических целей.

Экологическая политика – заявление организации о своих намерениях и принципах, связанных с ее общей экологической эффективностью, которое служит основанием для действия и для установления целевых и плановых экологических показателей.

Окружающая среда – внешняя среда, в которой функционирует организация, включая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, человека, их взаимодействие.

Целевой экологический показатель – общий целевой показатель состояния окружающей среды, вытекающий из экологической политики, который организация стремится достичь и который выражается количественно.

Современный стандарт определяет экологический аспект как элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который может взаимодействовать с окружающей средой.

Успех системы управления окружающей средой зависит от обязательств, взятых на себя на всех уровнях и всеми подразделениями организаций, особенно высшим руководством. Такого рода система дает организации возможность устанавливать процедуры (и оценивать их эффективность) с тем, чтобы сформулировать ее экологическую политику и определить целевые экологические показатели, добиться соответствия этой политике и целевым показателям, продемонстрировать это соответствие другим организациям.

Общая цель экологического управления заключается в том, чтобы поддержать меры по охране окружающей среды и предотвращению ее загрязнения при сохранении баланса с социально-экономическими потребностями.

Механизм функционирования системы управления представлен на рисунке 22.



Рис. 22 – Модель системы управления окружающей средой (на основе стандарта ИСО 14000)

Внедрение стандартов серии ИСО 14000 в сфере экологического мониторинга позволяет организации:

- ввести, поддержать и улучшить систему управления окружающей средой на основе функций экологического мониторинга;
- удостовериться в результативности экологической политики;
- продемонстрировать другим организациям соответствие экологическим стандартам;
- добиться реального улучшения управления и окружающей среды;
- самостоятельно определить соответствие собственно такой системы региональным, российским и международным стандартом и заявить об этом соответствии.

Принятие и систематическое выполнение методов управления окружающей средой могут дать оптимальные результаты для всех заинтересованных сторон. Чтобы достичь целевых экологических показателей, система управления окружающей средой должна стимулировать организации к рассмотрению вопроса о внедрении наилучшей существующей технологии там, где это целесообразно и экономически приемлемо. Кроме того, следует в полной мере учитывать экологическую эффективность такой технологии.

Более объективные оценки воздействия организации возможны только при анализе реального влияния на природную среду по данным экомониторинга. В то же время и сам мониторинг должен быть организован в соответствии с моделью системы управления окружающей средой.

Все требования, содержащиеся в стандартах серии ИСО 14000, предназначены для включения в любую систему управления окружающей средой. Степень их применения будет зависеть от таких факторов, как экологическая политика организации, характер ее деятельности и условия, в которых она функционирует.

Плановый экологический показатель – определенное положение в отношении деятельности организации или ее частей, эффективности. Он выражается количественно и включает целевые экологические параметры, которые должны быть установлены и выполнены.

Высшее руководство должно определить экологическую политику организации и обеспечить, чтобы она:

- соответствовала характеру, масштабу и воздействиям на окружающую среду деятельности организации, продукции или услуг;
- включала обязательство в отношении постоянного улучшения окружающей среды и предотвращения ее загрязнения;
- включала обязательство в отношении соответствия надлежащему природоохранному законодательству и регламентам, а также другим требованиям, с которыми организация согласилась;
- предусматривала основу для установления целевых и плановых экологических показателей и их анализа;
- документально оформлялась, внедрялась, поддерживалась, а также доводилась до сведения всех служащих;
- была доступна для общественности.

Организация должна устанавливать и выполнять процедуру(ы) идентификации экологических аспектов своей деятельности, продукции или услуг, которые она может контролировать и на которые она предположительно может влиять, с тем чтобы выявить возможное существенное воздействие на окружающую среду. Организация должна гарантировать, что аспекты, связанные с этими воздействиями, будут приняты во внимание при определении целевых экологических показателей организации. Организация должна постоянно актуализировать эту информацию, в том числе путем осуществления экологического мониторинга.

Организация должна устанавливать и поддерживать на необходимом уровне документально оформленные целевые и плановые экологические показатели для каждого соответствующего подразделения в рамках этой организации и контролировать выполнение этих показателей.

При установлении и анализе своих целевых показателей организация должна учитывать законные требования, существенные экологические аспекты, технологические варианты, свои финансовые, эксплуатационные потребности и потребности бизнеса, а также потребности заинтересованных сторон.

Целевые и плановые экологические показатели должны быть согласованы с экологической политикой, предусматривающей предотвращение загрязнения окружающей среды.

Организация должна разрабатывать и выполнять программу(ы) достижения своих целевых и плановых экологических показателей в области экологического мониторинга. Такая программа должна включать:

- распределение ответственности за достижение целевых и плановых экологических показателей между соответствующими подразделениями и уровнями в рамках организации;
- определение средств и сроков, в которые эти показатели должны быть достигнуты

Руководство организации должно предоставить ресурсы, необходимые для внедрения системы управления окружающей средой и для контроля за ней. Ресурсы включают в себя людские ресурсы, обладающие специальными знаниями и опытом, технологию и финансовые ресурсы.

Разрабатываются текущие и перспективные технические нормативы, ведется их мониторинг. Технический норматив выброса – норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для передвижных и стационарных источников выбросов, технологических процессов, оборудования и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу продукции, мощности, пробега транспортных или иных передвижных средств и другие показатели.

Организация должна устанавливать и выполнять процедуры идентификации возможности катастроф и аварийных ситуаций и реагирования на них, а также

предотвращения и смягчения воздействий на окружающую среду, которые могут быть связаны с этими ситуациями.

Организация должна анализировать и пересматривать, в случае необходимости, процедуры, касающиеся ее подготовленности к аварийным ситуациям и реагирования на них, особенно после возникновения катастрофы или аварийной ситуации. Эту функцию невозможно реализовать без проведения экологического мониторинга.

Экологическая эффективность (характеристика экологичности) – измеряемые результаты системы управления окружающей средой, связанные с контролированием организацией экологических аспектов, основанных на экологической политике, а также на целевых и плановых экологических показателях.

Согласно стандартам ИСО 14000 организация должна устанавливать и выполнять документированные процедуры регулярного мониторинга и измерения основных характеристик своих операций и видов деятельности, которые могут существенно воздействовать на окружающую среду.

Сюда следует отнести регистрацию информации для того, чтобы проследить за исполнением, принятием надлежащих мер по оперативному контролю и за достижением соответствия целевых и плановых экологических показателей организации.

Организация должна устанавливать и выполнять процедуры идентификации, ведения и размещения зарегистрированных данных об окружающей среде. Эти данные должны включать сведения, получаемые при проведении экологического мониторинга.

Зарегистрированные данные об окружающей среде должны быть удобочитаемы, идентифицируемы и прослеживаемы по охваченным видам деятельности, продукции или услуге. Эти экологические данные должны храниться и вестись таким образом, чтобы их можно было легко найти и защитить от повреждений и потери. Срок их хранения должен быть установлен и зафиксирован. Зарегистрированные данные должны актуализироваться.

В процессе идентификации важные экологические показатели, связанные с деятельностью функциональных единиц, следует, если это уместно, рассмотреть в качестве объектов экологического мониторинга:

- выбросы в воздух;
- сбросы в воду;
- удаление и очистка сточных вод;
- радиоактивное заражение местности;
- использование сырья и природных ресурсов;
- другие локальные экологические изменения.

Таким образом, обзор содержания стандартов серии ИСО 14000 позволяет выявить необходимость организации системы экологического мониторинга для целей управления окружающей средой и мониторинга самой системы управления.

13 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

Производитель информационной продукции – физическое или юридическое лицо, осуществляющее обработку сведений (данных), полученных в результате мониторинга окружающей природной среды, ее загрязнения.

При организации работ в аналитических подразделениях, выполняющих экологический мониторинг, особое внимание обращается на регулярное и правильное ведение первичной рабочей документации, на соблюдение рекомендаций по ведению рабочей документации.

Пространственные характеристики отбора проб, а также принятые управленческие решения и данные рекомендуется сопровождать экологическими картами и схемами.

Документирование результатов измерений и ведение архива

К первичной рабочей документации предъявляются следующие общие требования: рабочие журналы должны быть прошнурованы, проштемпелеваны и пронумерованы. Записи должны вестись аккуратно, не допускаются подчистки и исправления. В случае необходимости неверная запись перечеркивается одной горизонтальной чертой и выше нее делается новая запись.

Одним из основных требований при организации ведения рабочей документации является прослеживаемость проб на всех этапах анализа – начиная от пробоотбора и заканчивая составлением сводного протокола результатов анализа. Это условие необходимо для принятия мер корректирующих воздействий в случае получения неудовлетворительного результата или рекламации.

В состав рабочей документации включаются следующие журналы:

1. Журнал регистрации отбора проб, в котором указываются следующие сведения:

- дата и время отбора пробы;
- номер, присвоенный пробе;
- номер бутылки, поглотительного сосуда, фильтра и т.п.;
- способ отбора пробы;
- тип пробоотборного устройства и его заводской номер;
- объем или масса отобранной пробы (для проб воздуха указывается объем пробы, приведенный к нормальным условиям);
- точное обозначение места отбора проб, высоты отбора или глубины отбора;
- условия отбора проб (температура воздуха, величина атмосферного давления, сведения об осадках и др.);
- температура воды и другие данные измерений, выполненные на месте отбора проб (для проб воды – рН, растворенный кислород и т.д.);
- сведения о консервации пробы и обеспечении ее сохранности;
- должность и фамилия лица, отобравшего пробу, а также должность и фамилия специалиста, которому проба передана для анализа.

В том случае, когда в лаборатории существует разделение специалистов по видам выполняемых ими анализов, указываются все исполнители по конкретным показателям одной пробы.

По усмотрению лаборатории при небольших объемах выполняемых работ (менее 10-15 проб в месяц) ведение журнала регистрации отбора проб может быть заменено заполнением отдельных актов отбора проб, которые подшиваются в отдельную папку.

2. Рабочие журналы аналитиков, в которые заносятся:

- ежедневные отметки о выполняемых видах работ;
- номер пробы по журналу регистрации отбора проб;
- номера средств измерений, на которых выполняются определения;
- расшифровка кратких форм записей, специфических для данного метода анализа;
- отметки о выполнении параллельных определений.

В лабораториях, где все сотрудники выполняют разные виды анализов, ведется документация по распределению анализов (журнал, график и т.д.).

Если выполнение какого-либо анализа закреплено за конкретным исполнителем, это записывается в его должностной инструкции.

3. Журнал построения и проверки градуировочных графиков, в котором приводятся сведения

- о применяемом средстве измерений, методике выполнения измерений,
- о стандартном образце состава вещества, используемом для градуировки,
- дополнительные данные в зависимости от применяемых методов анализа (например для фотометрических методов – длина волны, при которой измеряется оптическая плотность, параметры кюветы и т.д.).

Указывается дата приготовления градуировочного раствора и фамилия исполнителя. Градуировочные данные сводятся в таблицу и изображаются в виде графика.

Помимо табличных данных на этом же листе приводятся результаты обработки данных, математические выкладки, вычисленные коэффициенты регрессионного уравнения и др.

Если построение и проверка графика по какой-либо методике закреплены за конкретным исполнителем, градуировочные данные могут быть записаны в его рабочем журнале.

Приводятся сведения о проверках стабильности градуировочных графиков с периодичностью, принятой в лаборатории (обычно раз в квартал).

4. Журнал регистрации приготовления реактивов и проверки титров растворов, в котором фиксируются дата приготовления и проверки титра, название реактива, объем, концентрация раствора, порядок вычисления поправочных коэффициентов.

Если каждый исполнитель всегда самостоятельно готовит растворы для своей работы либо приготовление каких-либо реактивов закреплено за конкретным исполнителем, эти сведения записываются в рабочий журнал аналитика.

При использовании реактивов с истекшим сроком годности проверка реактива на пригодность для анализа является обязательной, причем запись о проведенной

проверке фиксируется в журнале (или оформляется соответствующий акт). Проверка может производиться по методике, изложенной в ГОСТах на соответствующий реактив или по М-11-90 («Методика контроля химических реактивов на базе применения стандартных образцов»).

5. Журнал учета наличия и состояния средств измерений, который рекомендуется вести в форме картотеки. На каждое средство измерения заводится карточка, содержащая следующие сведения:

- полное название средства измерений и его модификация;
- адрес и название завода-изготовителя;
- дата приобретения и дата начала эксплуатации;
- сведения о проведенных пуско-наладочных работах;
- сведения о проверках (или калибровках) средства измерений – дата, название организации, номер свидетельства, наличие клейма;
- отметки о неисправностях и о проведенном ремонте;
- при списании средства измерений указываются дата и номер акта.

Допускается ведение учета средств измерений в специальном журнале с вышеперечисленными графами.

6. Журнал учета стандартных образцов, применяемых в лаборатории, который рекомендуется вести также в форме картотеки (или отдельным журналом), включающей следующие сведения:

- наименование, категория, шифр и номер стандартного образца;
- фирма-изготовитель;
- аттестованные характеристики и погрешности их установления;
- дата и источник приобретения;
- срок годности;
- срок действия типа стандартного образца;
- наличие свидетельства или паспорта и инструкции по применению;
- отметки о выдаче и расходовании стандартных образцов.

7. Журнал контроля качества результатов анализов или измерений, в котором фиксируются результаты внутрилабораторного и внешнего контроля отдельно по каждому определяемому показателю и по каждой методике выполнения измерений. Алгоритмы, нормативы и периодичность оперативного контроля точности результатов приводятся в аттестованных методиках выполнения измерений. При применении неаттестованных методик схема оперативного контроля и нормативы контроля могут быть определены в соответствии с рекомендациями действующих нормативных документов (РД 1.01.808 7. 3-88, МИ 2335-95, МР 18.1.04-96 и др.).

Одновременно с журналом могут заполняться контрольные карты, наглядно отражающие стабильность показателей качества выполнения анализов во времени.

8. Сводный журнал результатов анализов или измерений, в котором из рабочих журналов аналитиков выписаны номера проб и данные результатов анализов проб по всем показателям с указанием погрешности определения, даты проведения анализа, исполнителя, отклонений от принятой методики анализа и т.д. Сводный журнал результатов является основным отчетным документом лаборатории, на основании которого могут быть заполнены протоколы результатов по отдельным пробам.

9. Журнал инструктажа по технике безопасности, в котором фиксируются:

- дата проведения и вид инструктажа;
- тематика и содержание занятий;
- фамилия и должность должностного лица, проводившего инструктаж;
- фамилии сотрудников, прошедших инструктаж и их подписи.

Проведение инструктажа на рабочем месте является основанием для допуска аналитиков к определенным видам работ.

Результаты экзаменов по технике безопасности оформляются отдельным протоколом.

10. Журнал регистрации нормативной документации и государственных стандартов, применяемых в работе лаборатории, который включает следующие разделы:

- дата поступления документа;
- полное название и шифр нормативного документа;
- дата утверждения документа и наименование утвердившей организации;
- отметки о хранении и списании (или о его отмене) документа;
- сведения об актуализации перечней НД и ГОСТ с указанием даты ее проведения.

Кроме того, в лаборатории могут быть предусмотрены процедуры ведения других рабочих журналов и рабочих инструкций, например

инструкций:

- по хранению и проверке качества химических реактивов,
- по контролю качества дистиллированной воды,
- по мытью и сушке лабораторной посуды,
- по эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования,
- по противопожарной безопасности,
- по обработке результатов количественного химического анализа,
- по ведению архива лаборатории,
- должностных инструкций на каждого сотрудника лаборатории;

журналов:

- приобретения и расходования химреактивов,
- приобретения и расходования стандартных образцов,
- приготовления реактивов и рабочих растворов,
- контроля качества дистиллированной воды,
- регистрации параметров микроклимата в лабораторных помещениях,
- рекламаций, полученных по результатам анализов.

При наличии в лаборатории или аналитическом подразделении компьютерной техники возможно ведение всех вышеперечисленных форм рабочей документации (кроме рабочего журнала и журнала отбора проб) на магнитных носителях, позволяющих более оперативно использовать информацию, формировать базы данных и т.д. Допускается ведение на ПЭВМ дубликатов первичной рабочей документации.

По мере заполнения рабочая документация лаборатории сдается в архив лаборатории, который должен храниться в отдельном помещении, в условиях, исключающих его утрату и доступ посторонних лиц. Как правило, доступ к архиву разрешается только начальнику лаборатории, его заместителю и сотруднику лаборатории, ответственному за ведение архива. В архиве должна иметься опись архивных дел, позволяющая найти необходимые материалы.

Рекомендуемые сроки хранения архивных документов:

- журналы регистрации отбора проб, акты отбора проб	5 лет
- журналы сводных данных результатов анализов	10 лет
- журналы построения и проверки градуировочных графиков	
- журналы регистрации приготовления реактивов и проверки титров растворов	5 лет
- рабочие журналы аналитиков	3 года
- журналы контроля качества выполнения анализов	10 лет
- журналы инструктажа по технике безопасности	5 лет
	5 лет

По истечении срока хранения отбор дел для уничтожения производится экспертной комиссией.

Разработка картографического материала по данным мониторинга

Для удобства принятия управленческих решений и наглядного представления данных мониторинга разрабатываются экологические карты. Экологическое картографирование основано на использовании топографических карт общего и тематического характера и заключается в составлении специальных экологических карт.

Большая часть элементов содержания топографических карт может интерпретироваться в природоохранных целях и в сочетании с данными мониторинга может эффективно использоваться при оценке природных условий и хозяйственном освоении территорий, а также при анализе структуры и пространственных взаимоотношений экосистем в соответствии с данными таблицы 14.

Ценность многочисленных тематических карт заключается в содержании информации о естественном фоне и природном потенциале территории, ее способности воспринимать антропогенные нагрузки. На таких картах систематизирована обширная информация о компонентах природной среды как факторах создания экологической обстановки. К таким картам можно отнести карты климата, геологические и гидрогеологические карты, геоморфологические карты, карты почвенного покрова, карты животного мира и т.д.

Табл. 14 – Экологическая значимость элементов содержания топографических карт

№	Элементы содержания карт	Показатели, используемые в экологических целях
<i>Рельеф</i>		
1	Густота горизонталей, уклон поверхности	Оценка горизонтальной миграции веществ, степень плоскостного смыва, эродированность почв
2	Плановые рисунки горизонталей	Направления смыва, его распределение по площади
3	Типы и степень горизонтального расчленения рельефа	Индикаторы контрастности и динамичности экосистем, распределения ореолов концентрации загрязнения в почвах и водных объектах
4	Искусственные формы рельефа	Техногенное воздействие на рельеф
5	Вогнутые профили склонов	Показатели стабильности склонов и возможности образования у их подножий геохимических барьеров
6	Оползни, овраги	Проявления опасных процессов
<i>Гидрографическая сеть</i>		
7	Озерная и речная сеть	Водообеспеченность, дренируемость
8	Соотношение постоянных и временных водотоков	Способность гидросети к самоочищению и восстановлению
9	Зарегулированные водоемы	Потенциальные накопители загрязнения
10	Состав донных отложений	Индикатор накопления загрязняющих веществ на дне водоемов
<i>Растительность</i>		
11	Типы естественной растительности	Устойчивость фитоценоза к антропогенному воздействию
12	Залесенные территории	Общая оценка экологической напряженности
3	Редколесья	Угнетенность лесной растительности
14	Глинистые поверхности	Активность поверхностного стока, защищенность подземных вод от загрязнения
15	Торфяники	Неустойчивость к эрозии грунты
<i>Социально-экономические объекты</i>		
16	Населенные пункты, дороги	Коренная площадная и линейная трансформация экосистем
17	Заводы, порты, рудники, нефтепромыслы	Потенциальное сильное загрязнение и нарушенность природной среды

Тематические карты, дополненные результатами экологического мониторинга, могут быть трансформированы в **экологические карты** – биологические карты, отражающие естественное или антропогенно обусловленное состояние биоценозов, карты с границами особо охраняемых природных территорий, геоэкологические карты, характеризующие состояние абиотической части природной среды, и т.д.

Экологические карты различаются по сложности картографируемых экологических ситуаций или связей и подразделяются:

- на простые, по которым легко определить зависимости одного параметра от другого (например содержания тяжелых металлов от положения относительно источников загрязнения);

- относительно сложные, отражающие состояние отдельных компонентов природной среды или отдельных видов организмов (карты экологического состояния почв, водоемов, видов животных или растений);

- сложные, на которых воспроизведены комплексные оценки влияния целого ряда антропогенных нагрузок на состояние многокомпонентных природных комплексов.

По принципам картографирования выделяются:

- аналитические карты, содержащие конкретную информацию о видах и степени воздействия на природную среду;

- типологические карты, или схемы районирования отдельных территорий по напряженности экологической обстановки.

На экологических картах может содержаться дополнительная информация о загрязнении объектов окружающей природной среды, полученная в результате проведения экологического мониторинга.

Картографическими способами могут быть представлены различные виды техногенных нагрузок и соответствующие им загрязнители: загрязнения атмосферного воздуха в районе населенных пунктов и промышленных предприятий, загрязнения почв и водных объектов тяжелыми металлами и нефтепродуктами, загрязнение грунтовых вод. Может быть представлена информация о нарушении природной среды (карьеры, отвалы, нефтяные амбары, хвостохранилища и т.д.) и состоянии биоценозов (распространение заболеваний, сокращение численности и исчезновение отдельных видов животных, растений).

На экологические карты могут наноситься сведения о проводимых природоохранных мероприятиях, сведения о существующей системе экологического мониторинга: расположение контрольных створов на водных объектах, наблюдательных скважин, маршрутов подфакельных наблюдений, точек отбора проб, мест нахождения стационарных лабораторий и т.д.

Обработка и передача информации в системе мониторинга

Требования к процедурам обработки и передачи информации формулируются на стадии создания аналитических программ и технологических регламентов. **Основные из них:**

- иерархический подход к построению системы обработки и передачи информации,
- оперативность обработки и передачи информации (они могут сильно различаться в зависимости от вида мониторинга – фоновый, в условиях аварии и т.д.),
- компьютерная обработка информации с помощью унифицированного программного обеспечения – единого для всех подразделений мониторинга (это позволит обеспечить сопоставимость результатов и упростить обмен информацией между подразделениями мониторинга),
- соблюдение сроков обработки и передачи информации, установленных аналитической программой,
- документирование всех этапов обработки и передачи информации,
- назначение ответственных лиц за проведение каждого из этапов обработки и передачи информации,
- сохранение конфиденциальности информации на всех уровнях обработки результатов,
- представление результатов мониторинга в наглядной форме, удобной для анализа и принятия управленческих решений,
- незамедлительное информирование руководства об экстремально высоких уровнях загрязнения окружающей среды.

14 СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Объектом нашего внимания является медицинский мониторинг населения, подверженного воздействию промышленных объектов в режиме их нормальной эксплуатации и при возникновении аварийных ситуаций. Целью мониторинга является не только определение степени воздействия промышленного объекта на организм человека, но и управление воздействием с целью принятия своевременных мер по исправлению экологической ситуации. Управление техногенной нагрузкой может быть осуществлено на основе динамической модели, которая учитывает связь между показателями качества среды обитания и данными о состоянии адаптационных систем организма человека.

Для построения такой модели наряду с организацией экологического мониторинга по приоритетным для конкретного региона загрязнителям требуется решить следующие задачи:

- 1) выбрать наиболее чувствительные к техногенным воздействиям показатели напряженности адаптационных систем человеческого организма (параметры адаптации), которые подлежат наблюдению;
- 2) обеспечить измерение параметров адаптации у обследуемого контингента, а

также индивидуальных сопутствующих факторов с необходимой для целей управления полнотой и периодичностью;

3) построить адекватные модели влияния экологических факторов на параметры адаптации организма человека.

Первая задача решается путем применения и развития современных валеологических подходов к диагностике регулирующих систем организма у здоровых или условно здоровых людей. Многочисленные исследования определили среди множества систем регулирования человеческого организма прежде всего сердечно - сосудистую систему и центральную нервную систему, как наиболее чутко и универсально реагирующие на внешние и внутренние стрессы. Для этих систем установлены количественные показатели параметров адаптации, которые с успехом применяются в космической и спортивной медицине. Именно на измерении этих показателей ориентирована предлагаемая система мониторинга здоровья.

Вторая задача решается путем построения эффективной, но не дорогой технической системы с использованием вычислительной техники, простых и компактных диагностических средств и современных средств связи. Такая система позволяет охватить регулярными измерениями параметров адаптации и сопутствующих индивидуальных факторов достаточно представительный контингент, попадающий в зону действия промышленного объекта.

Третья задача решается за счет использования в реальном масштабе времени данных экологического мониторинга и множества измерений параметров адаптации у разных людей с учетом влияющих на них индивидуальных факторов.

Начальные приближения моделей задаются на основе априорных данных.

Далее модели уточняются по мере накопления данных.

Предлагаемая техническая система является универсальным средством, которое легко настраивается на любой вид воздействий, а значит и на широкий спектр моделей влияния.

Таким образом, предлагаемый подход мониторинга здоровья населения, попадающего в зону действия промышленного объекта основан на следующих принципах:

1. Наблюдению подвергается здоровое или условно здоровое население;
2. Проводится мониторинг наиболее чувствительных к внешним воздействиям регуляторных систем организма человека;
3. Применяются простые и удобные для регулярной диагностики методы и средства измерений;
4. Детально учитываются индивидуальные факторы, оказывающие влияние на состояние здоровья обследуемых в том числе и психологические;
5. Проводятся регулярные измерения экологических факторов, характерных для данного региона;
6. Используются современные технические средства, позволяющие оперативно собирать и обрабатывать большой объем данных от территориально распределенных источников;

7. Система настраивается на определенные модели влияния в зависимости от экологических факторов.

Методика диагностики уровня здоровья

Для определения функционального состояния ССС наиболее простым и информационным методом является метод вариационной пульсометрии (автор Баевский) - время обследования 2-3 минуты. Используется датчик измерения кардиоцикла с пальца или уха пациента, что позволяет проводить обследование, не раздеваясь. Датчик подключается к компьютеру через последовательный порт.

Для определения функционального состояния ЦНС используется методика ЗМР (зрительно-моторная реакция) - время обследования 4 минуты.

Для определения уровня физической работоспособности (физического здоровья) применены методики Апанасенко, PWC-170, МПК по Картману - время обследования 7 минут.

Система регистрирует факторы индивидуального влияния: возрастные, антропометрические, морфологические, физические и психологические нагрузки, вредные привычки, индивидуальные особенности питания.

Все методики разрешены к использованию Минздравом.

Процедура не требует от персонала и пациента специальной подготовки. Пропускная способность системы чрезвычайно велика, данные упаковываются в специальный файл и могут быть переправлены по каналам электронной почты в Центр для автоматизированной статистической обработки и принятия решения по методам оздоровления. Частота обследования 1-2 раза в неделю.

В особых условиях (ликвидация вспышек инфекционных заболеваний, чрезвычайные ситуации) частота обследований может быть увеличена. Кроме того, возможно проводить обследование пациентов при каждом обращении за медицинской помощью. В экстренных ситуациях возможны съем и передача функциональных данных в Центр постоянные для анализа врачом-экспертом и выдачи квалифицированных рекомендаций.

В случаях выявления пациентов в состоянии неудовлетворительной адаптации или ее срыва проводится дополнительная диагностика с подключением психологического блока, блока определения метаболического типа человека с целью установления причин такого состояния, и составления индивидуальной оздоровительной программы.

Технические средства мониторинга

Система мониторинга представляет собой разветвленную компьютерную сеть, организованную по типу электронной почты с центральным сервером обработки и хранения базы данных паспортов здоровья населения. Компьютерная сеть работает в офлайновом режиме. Для удаленных групп населенных пунктов организуются

промежуточные серверы.

В качестве удаленных терминалов медицинских учреждений удаленных пунктов используются компьютеры, связанные по телефонным или радиоканалам через соответствующие модемы.

Программное обеспечение системы мониторинга

Базируется на версии программного продукта аппаратно-программный комплекс Valeotest и решает следующие задачи:

- осуществляет оперативное измерение параметров здоровья и факторов окружающей среды согласно вышеприведенной методики;
- производит накопление измеренных данных и отображение их в динамике;
- обеспечивает устойчивую связь между центром и удаленными терминалами в режиме офлайн;
- осуществляет доступ к базе данных и ее актуализацию;
- осуществляет обработку информации в центре и представление ее в форме, удобной для анализа показателей здоровья каждого пациента;
- осуществляет статистическую обработку показателей здоровья различных групп населения в зависимости от территориальных, климатических, возрастных, половых и экологических факторов с предоставлением обобщенных данных в удобной для анализа форме;
- проводит оперативный ввод информации с удаленных терминалов, а также осуществляет запросы к центральной базе данных;
- позволяет вести собственную базу данных параметров здоровья местных жителей;
- позволяет рассылать информацию из центра на периферию.

Система мониторинга здоровья может быть использована для других целей:

- мониторинга образования;
- сбора информации о состоянии окружающей среды;
- обучения персонала медицинских учреждений округа;
- обеспечения оперативной консультативной помощью в чрезвычайных ситуациях.

Таким образом, предлагается концепция наблюдения за здоровьем больших групп населения, проживающих на обширных территориях, примыкающих к промышленным объектам, с целью мониторинга воздействия этих объектов на здоровье населения. Технические сложности преодолеваются путем использования вычислительной техники и современных средств связи. Используемые методы ориентируются на мониторинг тех систем организма человека, которые наиболее чувствительны к токсинам. Кроме функций наблюдения, система мониторинга решает важную социальную задачу: своевременное выявление отклонений здоровья отдельных людей и направление их на лечение.

15 КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФИТОМОНИТОРИНГА В ДОНБАССЕ

Фитокомпонет является неотъемлемой частью существования и развития человечества. По состоянию растений, окружающих человека, масштабности и функциональности их использования можно судить о временной принадлежности, об уровне развития общества, специфике быта и стратегической занятости населения.

Различные эпохи формирования антропосоциосреды дополняли и расширяли спектр использования растений:

– бессознательный период накопления примет и поверий в сельском хозяйстве формировал агрокультурные традиции древних народностей, прогнозные сценарии локального климата и характер сезонной занятости на определенных территориях;

– эпохи стилистических ренессансов выводили общество на создание новых форм, композиций, дизайнерских проектов в строительстве, зеленой архитектуре, технологий сортоиспытания и потребности в украшении окружения для человека в микро- и макромасштабах;

– эпоха индустриализации обусловила повышенный уровень техногенной нагрузки на среду и необходимость многофункционального использования растений для эффективной нейтрализации и оптимизации условий среды в неблагоприятных экологических зонах: санитарно-защитные технологии, озеленение промышленных территорий, детоксикация и доочистка природных сред (воздушной, водной, почвенной), смягчение эффектов от развития тяжелой промышленности, добычи полезных ископаемых, трансформации ландшафтов, полномасштабного внедрения энергоемких технологий, утилизации побочных продуктов и отходов производства;

– век информационных технологий приводит к необходимости и потребности иметь максимально развернутую, адекватную и доступную в интерпретации и характеристику состояния окружающей среды для жизнедеятельности современного человека; информация становится не только ресурсом, но и продуктом научно-технологических изысканий; потоки информационной среды прямо или косвенно лежат в основе управленческой системы координации, планирования и предполагаемой занятости каждого отдельного индивидуума и человеческого общества в целом.

Таким образом, неразрывно связанный с историей формирования человеческих общностей компонент – растения – помимо вещественно-энергетических и экзистенциально-эстетических потребностей является мощным информационным ресурсом, востребованным в современной цивилизации. Фитомониторинг как фундаментально научное и прикладное направление развития промышленной ботаники в таких условиях может выполнять интеграционную функцию в обеспечении населения необходимой информацией. Такая интеграция заключается в функциональном объединении процессов наблюдения, постановки эксперимента, диагностики, экспертизы, оценки, прогноза и контроля качества среды.

Цель данной работы – дать концептуальное обоснование необходимости проведения фитомониторинговых программ оценки экологического состояния в Донбассе. Эти программы важны для формирования научно-практической базы уже существующих разработок и ориентации на более информационно востребованные технологические приемы.

Все этапы реализации предлагаемого фитомониторинга основываются на

использовании индикационных функций растительных организмов: диагностических критериях, индексах, параметрах, баллах и пр. То есть, в системе мониторинговых программ базой является проведение разноплановой фитоиндикационной экспертизы.

Индикационная ботаника по сути – это любой реализованный прикладной проект с использованием растений, одним из результатов которого является получение информации о состоянии окружающей растении среды.

Полученная информация весьма разнообразна. Это связано и с целями эксперимента, задачами реализуемой программы, возможностями глубины и детальности анализа на различном оборудовании с использованием различных методических приемов.

Индикационный аспект ботанико-экологических исследований никогда не может осуществляться как самоцель. Практическими выходами таких разработок могут быть и уже успешно реализуются, например, такие программы:

- геолого-разведывательные работы, успешно реализованные, когда ресурсный потенциал огромных территорий бывшего Советского Союза еще не казался человечеству таким исчерпаемым, как сейчас, – с помощью способов поисковой индикационной геоботаники были весьма эффективно открыты многие месторождения;

- определение не только качественных, но и основных количественных значений базовых экологических факторов; так, градиентный анализ эффективно реализован для ведущих экологических факторов, шкалы которых содержат различную размерность для влажности почвенного горизонта, кислотности почв, общего солевого и температурного режимов, содержания минерального азота и карбонатов, гумидности, континентальности и др. характеристик;

- реализация мониторинга экологических систем различного иерархического уровня: от локального и регионального до глобального в рамках биосферного; при этом имеются в виду все определяющие современного понятия "мониторинг" – "наблюдение", "оценка", "прогноз" и, как необходимость, придающая им смысл – "управление" и другие актуальные вопросы.

Основные проблемы организации экологического мониторинга (что справедливо для территории современно Донбасса) связаны с решением трех главных задач: создание сети пунктов наблюдения; возможность оперативного контроля объектов; выбор контролируемых параметров и показателей состояния объектов и индивидуальных аналитических параметров, необходимых и достаточных для адекватного описания состояния экосистемы.

Концепция создания комплексной системы мониторинга природной среды в целом в настоящее время практически не может быть реализована, т.к. существующая система фактически состоит из отдельных подсистем мониторинга качества объектов природной среды (воздух, вода, почва), которые слабо методологически связаны между собой. Хотя это тоже не абсолютное утверждение, если учитывать хотя бы появляющиеся в большом количестве сейчас универсальные приборы-анализаторы, в числе которых часто используют и живые организмы, в первую очередь – растения. В последние годы создаются системы мониторинга отдельных сред с их методологической и метрологической увязкой. При этом интегрирование систем мониторинга количественных и качественных показателей отдельных сред (загрязнения воды и гидрологии, загрязнение атмосферы и метеорологии) необходимо сохранять и развивать с самого начала, т.к. в противном случае не будет обеспечена правильная оценка их состояния.

Для построения системы оперативного экологического контроля необходимо создание методологии и аппаратуры автоматического оперативного слежения за возможными экологическими правонарушениями на базе следующих приборов контроля:

– приборы типа "химический сторож" для автоматического контроля возможных нелегальных залповых сбросов и отбора проб сбросов;

– приборы типа "черный ящик" для автоматического непрерывного контроля и документирования состояния вод, сбрасываемых предприятиями или станциями очистки и воздушных выбросов предприятий промышленно-энергетического комплекса;

– приборы типа "анализатор отпечатков пальцев" для идентификации виновников загрязнения путем сравнения состава веществ загрязнения и состав вещества в потенциальных (подозреваемых) источниках загрязнения;

– приборы для автоматического отбора, хранения и подготовки к анализу пробы объектов окружающей среды в непрерывном (*on line*) режиме.

Исходя из уже полученных данных на растениях, все эти типы приборных исследований могут быть адекватно замещены и реализованы методами фитоиндикации – специфической и неспецифической.

Подобная "аппаратура" обеспечит возможность функционирования многоступенчатой системы контроля природной среды, представляющей собой открытую иерархическую структуру, где "на нижней ступени" установлена сеть простых датчиков, управляющих устройствами отбора пробы и включающих более сложные анализаторы старших ступеней в случае обнаружения аномалий состава и свойств контролируемой среды. При использовании живых организмов важно удачно подобрать объекты и корректно вычленить индикаторные информационные признаки.

Интегральный мониторинг (*ICP-IM*) предусматривает физические, химические и биологические измерения компонентов экосистем, проводимые одновременно в одних и тех же местах с заданной периодичностью. На практике осуществление интегрального мониторинга сводится к вычленению ряда частных подпрограмм, которые соединяются либо путем получения стандартного набора параметров (анализ межсредовых потоков вещества), либо путем получения стандартного набора параметров на замкнутых микробассейнах (причинно-следственный подход).

Одним из существенных достижений биологов Донбасса является огромная научно-практическая разработка экологической сети в рамках уже существующей Общеввропейской системы. На базе экологической сети, включающей все необходимые элементы (природные ядра, экологические коридоры и др.) реализуются многие вопросы и принципы экологического мониторинга.

Атрибутами проведения мониторинговых исследований (s.l. & s.st.) являются:

- шкалы, - балльная оценка, - диапазоны варьирования,
- количественные коэффициенты, в том числе и отклонения, атипичности,
- выражения специфики корреляции, - картографическая визуализация,
- оценочное районирование, - алгоритмизированные выражения,
- модели в разных формах их существования и др.,

причем все эти способы реализации могут быть использованы как автономно, так и в комплексе обработки и интерпретации результатов и данных.

Любой из указанных атрибутов мониторинга, т.е. в данном случае – "инструмент способа", является основным или дополнительным, но также весьма важным и

информативным, пунктом системы экологической экспертизы (ЭЭ). Одной из целей ЭЭ является нормирование нагрузки на природные среды, избежание критических дисбалансов, а значит и то же управление процессами, происходящими в природе, которое уже определено здесь как смысловой этап мониторинга.

Состояние растительных объектов нужно рассматривать как индикатор уровня антропогенной нагрузки на природную среду обитания (повреждение древостоев или хвой техногенными выбросами, уменьшение проективного покрытия и продуктивности пастбищной растительности и др.). Изменение проективного покрытия происходит в результате антропогенного воздействия на растительность разных типов, главными из которых являются механическое нарушение фитоценоза и химическое воздействие, приводящее к изменению жизненного состояния видовых популяций через изменение процессов метаболизма и водного баланса. Уменьшение запаса древесины основных лесобразующих пород свидетельствует о процессе деградации лесных экосистем в результате неудовлетворительной лесохозяйственной деятельности. Изменения качественных и количественных характеристик растительного покрова могут быть объективно интерпретированы только в сравнении с естественным состоянием растительных сообществ. При этом под фоновыми понимают относительно ненарушенные участки, аналогичные по своим природно-ландшафтным характеристикам исследуемой территории.

Важно, что принятие концепции абсолютной связи социальных, экономических и экологических процессов привело к развитию систем оценок состояния изменений окружающей среды и их причинно-следственных связей как юридического инструмента управления.

Для предварительного и текущего фитоиндикационного тестирования необходимо разработать специальный аппарат интерпретации и индексирования для адекватного и корректного сравнения варибельности признаков (формирования сопряженных групп) с показателями эколого-токсикологического состояния на определенной территории.

Нами предложено использовать следующие критерии (их дальнейшая детализация и конкретизация на стадии разработки):

- обоснованность,
- возможность дифференциального анализа,
- выявление специфичности,
- стоимость,
- быстрота анализа,
- возможность комплексного исследования,
- информативность,
- необходимость в материальном оснащении,
- возможность визуализации данных,
- территориального ранжирования и распределения,
- плоскостная зависимость,
- степень комплексности,
- наличие региональных стандартов,
- возможность использования при хозяйственном планировании,
- целесообразность в условиях природопользования,
- изучение прикладных аспектов,
- изучение классических теоретических аспектов,
- дистанционное овладение методическим блоком,

- возможность шкалообразования,
- ранжирование по наглядным стандартам,
- необходимость повтора эксперимента,
- экспрессивность,
- вариативность трактовки,
- возможность активного и пассивного мониторинга,
- альтернативность,
- возможность создания компенсаторности,
- возможность экстраполяции,
- достоверность прогнозирования,
- экологичность в широком и узком понимании и др.

Такие критерии позволяют рассматривать в качестве актуальных следующие категории фитомониторинга в Донбассе с позиций разных классификационных и целевых подходов: краткосрочный и долгосрочный; факториальный и импактный; специфический и неспецифический, программируемый автоматический и автоматизированный; стационарный и передвижной; экстренный, целевой и ситуативный; непрерывный цепной и дизъюнктивный; и обязательно – пенитенциарный.

Особенностью разрабатываемого фитомониторинга является ориентация на структурный анализ составляющих растительного организма (структурно-функциональная организация и диагностика на уровне клеток, тканей, комбинаторика систем органов и габитуальные особенности отдельных особей, структура сообществ различных степеней сложности), а также изучение репродуктивных характеристик, формирование семенного банка в эдафосреде, стратегий выживания и реализации генетической программы видов растений-индикаторов.

В настоящее время при разработке способов фитоиндикационного тестирования степени нарушенности экосистем и (или) уровней антропогенной нагрузки (в первую очередь токсикологического содержания) возникла необходимость обобщения полученных данных и апробации комплексного способа интегральной оценки.

Таким образом, растения-индикаторы используются человеком в огромнейшем количестве с давних времен. Типичные и феноменальные возможности растений содержатся в многочисленных информационных базах. В нашем промышленном регионе многие растения можно использовать как объективные научно-исследовательские лаборатории, по состоянию и реакции которых реально получать адекватную информацию о процессах, происходящих в окружающей среде. При этом перед исследователями стоит четкая задача получения адекватной информации и правильного, корректного интерпретирования данных. Чем большие запросы перед этим научно-прикладным направлением, тем более специфические признаки используются.

Это направление важно как с фундаментально-теоретической, так и с прикладной точек зрения: проведение экологического мониторинга, планирование и нормирование антропогенной нагрузки на природные системы, территориальная оценка уровней загрязнения в широком и узком смыслах – эти и сопутствующие им практические выходы определяют современные фитоиндикационные исследования в Донбассе.

ЧЕК-ЛИСТ ИНДИКАТОРНЫХ ПРИЗНАКОВ СОРНО-РУДЕРАЛЬНОЙ ФРАКЦИИ УРБАНОФЛОРЫ Г. ДОНЕЦКА (1998-2018 ГГ.)

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.). – Представлены результаты экологического фитомониторинга в г. Донецке в период с 1998 по 2018 гг. Выделены группы перспективных и достоверных индикаторных признаков видов растений для проведения диагностических мероприятий состояния урбанизированных экотопов. Полученные списки признаков сорно-рудеральных видов рассматриваются как результат инвентаризационных работ в центральных районах г. Донецка.

Ключевые слова: фитоиндикация, экологический мониторинг, г. Донецк, ботаническая экспертиза.

Введение

Накопление информации об индикаторной значимости растений в промышленном регионе и городской среде формирует условие и необходимость проведения классификационных и инвентаризационных мероприятий, что позволяет определенным образом: 1) унифицировать терминологию; 2) обозначить региональную специфику варьирования признаков; 3) выделить диагностическую важность этих индикаторов для внедрения в программы экологического мониторинга и частных случаев экспертиз состояния экотопов. Индикационная ботаника (прикладное её направление – фитоиндикация) является приоритетным направлением экологических исследований в Донбассе [1, 4, 5, 9, 19, 20]. Обзорные публикации [10, 12, 14, 15, 17, 18] и эксперименты локального характера [2, 11, 13, 16] подтверждают необходимость развития фитомониторинговых исследований как фундаментального содержания [12, 18], так и практического назначения [10, 11, 13, 14, 17].

Тематика фитоиндикационных работ, проводимых на кафедре ботаники и экологии Донецкого национального университета, была различной в зависимости от материала анализа: 1) пыльцевые зерна [3]; 2) элементы диссеминации [5]; 3) эмбриональные структуры индикаторных видов [6, 7]; 4) показатели разнокачественности строения вегетативных органов растений [1, 4, 8, 9, 19, 20], а также в соответствии с функциональными целевыми программами: 1) состояние атмосферного воздуха [3, 8]; 2) загрязнение корнеобитаемых горизонтов почвогрунтов [1, 9]; комплексная диагностика экотопов в целом [5, 7, 8, 19, 20], информационно-ресурсное обеспечение в системе принятия решений эколого-управленческого характера [4, 9].

Имеющийся спектр образцов диагностических признаков состояния растений и методические навыки информативного индикационного шкалообразования являются обоснованием для формулирования цели работы – составить чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.).

Материал и методы исследования

В основу формирования чек-листа индикаторных признаков состояния растений положен принцип составления ранжированного инвентаризационного перечня с учетом достоверности по тесноте связи в системе «индикатор – индикат» каждого отдельного раздела структурно-функциональных трансформаций растений в условиях всех экотопов г. Донецка по данным за последний 21 вегетационный сезон. Методологическая основа работы с материалом индикационного использования представлена в соответствующих публикациях [1, 4, 7, 19, 20]. Чек-лист содержит название группы, конформационный перечень признаков внутри группы, обозначение каждого признака, индивидуальный принцип индикации и наиболее информативные виды-индикаторы за 1998-2018 гг.

Результаты

Указаны признаки и их диапазоны значений в индикаторных шкалах, эмпирически установленных в центральных районах г. Донецка за указанный период времени.

1 Габитуальная разнокачественность (дифференциация побегообразования по общим архитектурным моделям (наглядные образцы), морфологическое тератообразование.

1.1 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDGCi* – (2) [2-3] [3-5] [5-6] [6-7] [7-8] [8-9] [9-10] [10-11] [11].

1.2 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tragopogon major* Jacq. – *MDGTm* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4].

1.3 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MDGTi* – (2) [2-4] [4-6] [6-8] [8-9] [9-10] [10-11] [11-12] [12-13] [13].

1.4 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tanacetum vulgare* L. – *MDGTv* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4-5] [5].

1.5 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Reseda lutea* L. – *MDGRl* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4-5] [5-6] [6-7] [7-8] [8-9] [9].

1.6 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Plantago major* L. – *MDGPm* – (3) [3-4] [4-5] [5-6] [6].

1.7 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Berteroa incana* (L.) DC. – *MDGBi* – (1) [1-3] [3-4] [4-5] [5-6] [6-7] [7].

1.8 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Echium vulgare* L. – *MDGEv* – (2) [2-3] [3-4] [4-5] [5].

1.9 Морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Daucus carota* L. – *MDGDc* – (1) [1-2] [2-3] [3].

2 Проявление онтогенетических жизненных стратегий в аутофитоиндикационном аспекте (произведение показателей семяобразования, созревания и жизнеспособности, периодов плодоношения и генеративного побегообразования).

2.1 Коэффициент генеративной активности *Berteroa incana* (L.) DC. – *GABi* – (3,00) [3,00-4,99] [5,00-6,99] [7,00-8,99] [9,00-10,99] [11,00-12,99] [13,00-14,99] [15,00-16,99] [17,00-18,99] [19,00].

2.2 Коэффициент генеративной активности *Cichorium intybus* L. – *GACi* – (1,00) [1,00-1,49] [1,50-1,99] [2,00-2,49] [2,50].

2.3 Коэффициент генеративной активности *Echium vulgare* L. – *GAEv* – (1,75) [1,75-1,50] [1,50-1,25] [1,25-1,00] [1,00-0,75] [0,75].

2.4 Коэффициент генеративной активности *Tanacetum vulgare* L. – *GATv* – (1,50) [1,50-1,25] [1,25-1,00] [1,00].

2.5 Коэффициент генеративной активности *Plantago major* L. – *GAPm* – (2,00) [2,00-2,49] [2,50-2,99] [3,00-3,49] [3,50-3,99] [4,00-4,49] [4,50-4,99] [5,00-5,49] [5,50-5,99] [6,00].

2.6 Коэффициент генеративной активности *Reseda lutea* L. – *GARl* – (2,00) [2,00-2,24] [2,25-2,49] [2,50-2,74] [2,75-2,99] [3,00-3,24] [3,25-2,49] [3,50-3,74] [3,75-3,99] [4,00].

2.7 Коэффициент генеративной активности *Tragopogon major* Jacq. – *GATm* – (0,25) [0,25-0,49] [0,50-0,74] [0,75-0,99] [1,00-1,24] [1,25-1,49] [1,50].

2.8 Коэффициент генеративной активности *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GATi* – (1,00) [1,00-1,49] [1,50-1,99] [2,00-2,49] [2,50-2,99] [3,00-3,49] [3,50-3,99] [4,00-4,49] [4,50-4,99] [5,00].

3 Признаки структурной организации вегетативной сферы растений.

3.1 Индекс трихоморазнообразия (типификация трихом) *Cichorium intybus* L. – *ITRCi* – (2) [2-4] [4-6] [6-8] [8-9] [9-10] [10-11] [11-12] [12-13] [13].

3.2 Индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv* – (2) [2-3] [3-5] [5-6] [6-7] [7-8] [8-9] [9-10] [10-11] [11].

3.3 Индекс трихоморазнообразия *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *ITRTi* – (1)

[1-2) [2-3) [3-4) [4-5) [5).

3.4 Индекс аномальности анастомозной сетки *Cichorium intybus* L. – *AANCi* – (2,00) [2,00-2,49) [2,50-2,99) [3,00-3,49) [3,50-3,99) [4,00-4,49) [4,50-4,99) [5,00-5,49) [5,50-5,99) [6,00).

3.5 Индекс аномальности анастомозной сетки *Plantago major* L. – *AANPm* – (2,00) [2,00-2,24) [2,25-2,49) [2,50-2,74) [2,75-2,99) [3,00-3,24) [3,25-2,49) [3,50-3,74) [3,75-3,99) [4,00).

3.6 Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортообразного типа и сферической формы) *Cichorium intybus* L. – *ITSCi* – (1) [1-2) [2-3) [3-4) [4-5) [5-6) [6-7) [7-8) [8-9) [9).

3.7 Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортообразного типа и сферической формы) *Echium vulgare* L. – *ITSEv* – (2) [2-4) [4-6) [6-8) [8-9) [9-10) [10-11) [11-12) [12-13) [13).

3.8 Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортообразного типа и сферической формы) *Tragopogon major* Jacq. – *ITSPm* – (1) [1-2) [2-3) [3-4) [4-5) [5).

3.9 Индекс атипичного строения устьичного аппарата *Cichorium intybus* L. – *IAStaci* – (1) [1-3) [3-4) [4-5) [5-6) [6-7) [7).

3.10 Индекс атипичного строения устьичного аппарата *Plantago major* L. – *IAStapm* – (1) [1-3) [3-4) [4-5) [5).

4. Признаки структурной организации генеративной сферы растений.

4.1 – частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. с атипичным строением лакун – *KPCi* – (1,00) [1,00-2,49) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-17,49) [17,50-19,99) [20,00).

4.2 – ч. в. четырехгранных пыльцевых зерен *Reseda lutea* L. – *KKPRI* – (1,0) [1,0-2,9) [3,0-4,9) [5,0-6,9) [7,0-8,9) [9,0-10,9) [11,0-12,9) [13,0-14,9) [15,0-16,9) [17,0).

4.3 – вариабельность скульптуры пыльцевых зерен *Plantago major* L. – *VsPPm* – (1) [1-2) [2-3) [3-4) [4-5) [5-6) [6-7) [7-8) [8-9) [9).

4.4 – вариабельность скульптуры пыльцевых зерен *Reseda lutea* L. – *VsPRI* – (1) [1-2) [2-3) [3-4) [4-5) [5-6) [6-8) [8-10) [10-12) [12).

4.5 – степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-17,49) [17,50-19,99) [20,00-29,99) [30,00).

4.6 – степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании ацетокармином – *SDPacCi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-16,99) [17,00-18,99) [19,00-20,99) [21,00).

4.7 – степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании орсеином – *SDPosCi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-6,99) [7,00-8,99) [9,00-10,99) [11,00-12,99) [13,00-14,99) [15,00-16,99) [17,00-18,99) [19,00).

4.8 – степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании гематоксилином – *SDPgtCi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-17,49) [17,50-19,99) [20,00-24,99) [25,00).

4.9 – степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsTi* – (2,00) [2,00-3,99) [4,00-5,99) [6,00-7,99) [8,00-9,99) [10,00-12,99) [13,00-14,99) [15,00-16,99) [17,00-18,99) [19,00).

4.10 – степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании ацетокармином – *SDPacTi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-16,99) [17,00-18,99) [19,00-21,99) [22,00).

4.11 – степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании орсеином – *SDPosTi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-6,99) [7,00-8,99) [9,00-10,99) [11,00-12,99) [13,00-14,99) [15,00-16,99) [17,00-18,99) [19,00).

4.12 – степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании гематоксилином – *SDPgtTi* – (2,50) [2,50-4,99) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-17,49) [17,50-19,99) [20,00-24,99) [25,00).

- 4.13 – вариабельность пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. по форме (наглядно-сравнительные характеристики) – *VPFCi* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4-5] [5-6] [6-7] [7-8] [8-9] [9].
- 4.14 – вариабельность пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. по форме (наглядно-сравнительные характеристики) – *VPFTi* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4-6] [6-8] [8-10] [10-11] [11-12] [12].
- 4.15 – вариабельность пыльцевых зерен *Reseda lutea* L. по форме (наглядно-сравнительные характеристики) – *VPFRI* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4].
- 4.16 – вариабельность пыльцевых зерен *Plantago major* L. по форме (наглядно-сравнительные характеристики) – *VPFPm* – (1) [1-2] [2-3] [3-4] [4-5] [5].
- 4.17 – ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Cichorium intybus* L. – *KDNECi* – (1,0) [1,0-1,9] [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-6,9] [7,0-7,9] [8,0-8,9] [9,0].
- 4.18 – ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *KDNETi* – (1,0) [1,0-2,9] [3,0-4,9] [5,0-6,9] [7,0-8,9] [9,0-9,9] [10,0-10,9] [11,0-11,9] [12,0-12,9] [13,0].
- 4.19 – ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Tanacetum vulgare* L. – *KDNETv* – (1,0) [1,0-1,9] [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-7,9] [8,0-9,9] [10,0-11,9] [12,0].
- 4.20 – ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Reseda lutea* L. – *KDNERl* – (1,0) [1,0-1,9] [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-6,9] [7,0-7,9] [8,0-8,9] [9,0].
- 4.21 – ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Plantago major* L. – *KDNEPm* – (2,0) [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-6,9] [7,0-7,9] [8,0-8,9] [9,0-9,9] [10,0].
- 4.22 – проявление тератологической синкотилии *Cichorium intybus* L. – *TrSCi* – (1,00) [1,00-2,49] [2,50-3,99] [4,00-5,49] [5,50-6,99] [7,00-8,49] [8,50-9,99] [10,00-11,49] [11,50-12,99] [13,00].
- 4.23 – проявление тератологической синкотилии *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *TrSTi* – (1,0) [1,0-1,9] [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-6,9] [7,0-7,9] [8,0-8,9] [9,0].
- 4.24 – проявление тератологической синкотилии *Tanacetum vulgare* L. – *TrSTv* – (1,0) [1,0-1,9] [2,0-2,9] [3,0-3,9] [4,0-4,9] [5,0-5,9] [6,0-7,9] [8,0-9,9] [10,0-11,9] [12,0].
- 4.25 – проявление тератологической схизокотилии *Cichorium intybus* L. – *TrShCi* – (2,0) [2,0-3,9] [4,0-5,9] [6,0-7,9] [8,0-9,9] [10,0-14,9] [15,0-19,9] [20,0-24,9] [25,0-29,9] [30,0].
- 4.26 – проявление тератологической схизокотилии *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *TrShTi* – (2,0) [2,0-3,9] [4,0-5,9] [6,0-7,9] [8,0-9,9] [10,0-12,9] [13,0-15,9] [16,0-18,9] [19,0-21,9] [22,0].
- 4.27 – проявление тератологической схизокотилии *Tanacetum vulgare* L. – *TrShTv* – (1,00) [1,00-2,49] [2,50-4,99] [5,00-7,49] [7,50-9,99] [10,00-12,49] [12,50-14,99] [15,00-17,49] [17,50-19,99] [20,00].
- 4.28 – индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MGCCi* и *MGCTi* – (5,00) [5,00-7,49] [7,50-9,99] [10,00-12,49] [12,50-14,99] [15,00-19,99] [20,00-24,99] [25,00-29,99] [30,00-34,99] [35,00].
- 4.29 – индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GCCi* и *GCTi* – (2,00) [2,00-2,99] [3,00-3,99] [4,00-4,99] [5,00-5,99] [6,00-6,99] [7,00-7,99] [8,00-8,99] [9,00-9,99] [10,00].
- 4.30 – индекс матрикальной гетероспермии в широком понимании *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MGSCi* и *MGSTi* – (5,00) [5,00-7,49] [7,50-9,99] [10,00-12,49] [12,50-14,99] [15,00-19,99] [20,00-29,99] [30,00-39,99] [40,00-49,99] [50,00].
- 4.31 – индекс матрикальной гетероспермии в узком понимании *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GSCi* и *GSTi* – (2,50) [2,50-4,99] [5,00-7,49] [7,50-9,99] [10,00-12,49] [12,50-14,99] [15,00-17,49] [17,50-19,99] [20,00-22,49] [22,50].
- 4.32 – индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *MGCTv* – (5,00) [5,00-7,49] [7,50-9,99] [10,00-12,49] [12,50-14,99] [15,00-17,49] [17,50-19,99] [20,00-22,49] [22,50-24,99] [25,00].

4.33 – индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *GCTv* – (2,00) [2,00-2,49) [2,50-2,99) [3,00-3,49) [3,50-3,99) [4,00-4,49) [4,50-4,99) [5,00-5,49) [5,50-5,99) [6,00).

4.34 – индекс матрикальной гетероспермии в широком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *MGSTv* – (5,00) [5,00-7,49) [7,50-9,99) [10,00-12,49) [12,50-14,99) [15,00-17,49) [17,50-19,99) [20,00-29,99) [30,00-39,99) [40,00).

4.35 – индекс матрикальной гетероспермии в узком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *GSTv* – (1,50) [1,50-2,49) [2,50-3,49) [3,50-4,49) [4,50-5,49) [5,50-6,49) [6,50-7,49) [7,50-8,49) [8,50-9,49) [9,50).

Выводы

1. Всего чек-лист состоит из 62 показателей; большинство признаков и индексов, имеющих индикаторное значение, дискретно аддитивны под 10-балльную шкалу, в которой показатели выше 8-го интервала значений указывают на критическое состояние растительного организма, следовательно, неблагоприятную экотопическую трансформацию.

2. Наиболее информативно для индикации состояния экотопов в г. Донецке изучены показатели строения *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Reseda lutea* L., *Tanacetum vulgare* L. и *Plantago major* L.

3. Составленный чек-лист рассматривается как результат инвентаризационной работы при формировании общей базы данных индикаторно-мониторингового назначения в промышленном городе – предусмотрен для возможной экстраполяции.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и инициативной темы «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» с государственной регистрацией № 0118D000017.

Список литературы

1. Глухов О. З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / О. З. Глухов, А. І. Сафонов, Н. А. Хижняк. – Донецьк : Норд-Прес, 2006. – 360 с.
2. Пospelова А. О. Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования / О. А. Пospelова, Ю. А. Мардра, Т. Г. Зеленская, О. Ю. Гудиев. – Ставрополь : Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. – 161 с.
3. Сафонов А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 18-24.
4. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе : проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. – С. 288-294.
5. Сафонов А. И. Скрининг элементов диссеминации фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Материалы Междунар. конф., посвященной 90-летию со дня основания заповедника «Хомутовская степь». – Донецк : «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2016. – С. 55-57.
6. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 23-29.
7. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.
8. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.
9. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе / А. И. Сафонов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XI Междунар.

науч. конф. (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2017. – С. 4-7.

10. *Фардеева М. Б.* Экология растений и методы фитоиндикации / М. Б. Фардеева, Н. Р. Шафигуллина. – Казань : Казанский фед. ун-т, 2018. – 150 с.

11. *Cruz J. M.* Phytotoxicity of soil contaminated with petroleum derivatives and biodiesel / J. M. Cruz, P. R. M. Lopes, R. N. Montagnolli, I. S. Tamada // *Ecotoxicology. Environmental. Contamination.* – 2013. – Vol. 8, N 1. – P. 49-54.

12. *Gibson D. J.* Grasses and grassland ecology / D. J. Gibson. – Oxford, New York : Oxford University Press, 2009. – 306 p.

13. *Greguskova E.* Phytoindication of the ecogenotoxic effects of the vehicle emissions using pollen abortion test with native flora / E. Greguskova, K. Micieta // *Polish Journal of Environmental Studies.* – 2013. – Vol. 22, N 4. – P. 1069-1076. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.048>

14. *Iqbal M.* *Vicia faba* bioassay for environmental toxicity monitoring : a review / M. Iqbal // *Chemosphere.* – 2016. – Vol. 144. – P. 785-802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.048>

15. *Kumar R.* A review of phylogeography : biotic and abiotic factors / R. Kumar, V. Kumar // *Geology, Ecology, Landscapes.* – 2018. – Vol. 2, N 4. – P. 268-274. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452486>

16. *Maslikova P. E.* Phytoindication spatio-temporal structures tehnozemoi and endogenous mechanisms of sustainable functioning of anthropogenic soil-like bodies / P. E. Maslikova // *Agrology.* – 2018. – N 1. – P. 273-280. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.04.005>

17. *Panidi E.* Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping / E. Panidi, L. Trofimez, J. Sokolova // *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science.* – 2016. – N 34. – P. 12-29. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/34/1/012024/meta>

18. *Parmar T. K.* Bioindicators : the natural indicator of environmental pollution / T. K. Parmar, D. Rawtani, Y. K. Agrawal // *Frontiers in Life Science.* – 2016. – Vol. 9, N 2. – P. 110-118. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21553769.2016.1162753>

19. *Safonov A. I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // *A science. Thought : Scientific journal.* – 2016. – N 4. – P. 59-71.

20. *Safonov A. I.* Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region / A. I. Safonov // *Problems of ecology and nature protection of technogenic region.* – 2013. – N 1 (13). – P. 52-59.

УДК 574 : 58.632 : 581 : 502 (477)

© А. И. Сафонов

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОНБАССА ПО СОСТОЯНИЮ ФИТОКОМПОНЕНТОВ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов. – Представлены результаты ботанико-экологической экспертной оценки экотопов некоторых промышленных предприятий Донбасса. По анализу фитоиндикационных критериев установлен уровень техногенной нагрузки на среду. Используются экологические шкалы видов растений чек-листа индикаторов г. Донецка. Сопоставлены данные экологического скрининга 2008 и 2018 годов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, фитоиндикация, Донецк, Донбасс, экологическая экспертиза.

Введение

В связи с политизацией экологической ситуации и сопряженностью этого процесса с социально-экономическими и национальными интересами в промышленных регионах по всему миру население нуждается в получении достоверной информации о состоянии окружающей среды. И важно в данном случае не получить отдельные цифры по разрозненным факторам и алгоритмизированным знакам, а адекватная оценка степени

трансформации экосистем и уровня нормированных показателей, качественно отражающихся по состоянию биоты в регионе. Безусловно, отдаленные воздействия не всегда прямо и специфично проявляются на визуальном состоянии биосистем, также затруднен и не всегда целесообразен процесс диагностики геномных трансформаций для своевременной коррекции уровней антропогенного прессинга, поэтому в сложившихся станциях оправданным и востребованным является проведение долгосрочного экологического фитомониторинга. Исследования в области фитоэкологии промышленного региона являются актуальной задачей многих ученых [1-4, 5-19]. Разработки посвящены изучению биоразнообразия на территориях горнодобывающих предприятий [1], биоиндикационным подходам [2, 4, 14, 19], мониторинговым системам [3, 16, 17], вопросам использования экологических шкал и толерантности растений [15, 18]. В рамках научного направления индикационной ботаники Донбасса разработана методология [6, 12, 20], методические подходы [5, 11, 21] и получены соответствующие результаты, доказывающие возможность реализации программ адекватной оценки природной среды в экологически напряженном и нестабильном регионе с помощью растений-индикаторов [7-10, 13, 21].

Цель работы – провести сравнительную оценку состояния экотопов промышленных зон некоторых предприятий Донбасса по критериям чек-листа индикаторной значимости, разработанного для фито-тесторов г. Донецка.

Материал и методы исследования

Использованная методология и регионально адаптированные методические подходы анализа индикационных свойств растений описаны в публикациях [5, 8, 11]. В основу обработки данных положены значения индексов экологических вариаций признаков согласно сводным значениям по чек-листу индикаторных экспериментальных видов для г. Донецка [10]. Термин «экспертная» использован в соответствии с [5].

В результирующей части представлены сведения о состоянии экотопов промышленных предприятий в 2008 и 2018 годах: 1) Донецкий металлургический завод; 2) Енакиевский металлургический завод; 3) Макеевский металлургический комбинат; 4) Енакиевский коксохимзавод; 5) Макеевский коксохимзавод; 6) Ясиновский коксохимзавод; 7) Харцызский трубный завод; 8) Зуевская ТЭС; 9) Старобешевская ТЭС; 10) Концерн Стирол. Специфика представленного блока данных не предусматривает необходимости сводок по контрольным участкам – относительно малонарушенным территориям, где показатели общей трансформации экосистем не превышают индекса 3 по 10-балльной аддитивной шкале фитоиндикационной значимости индикаторов.

Для реализации поставленной цели использованы следующие критерии чек-листа индикаторов: 1) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDGCI* (1-10); 2) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Reseda lutea* L. – *MDGRI* (1-10); 3) морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Berteroa incana* (L.) DC. – *MDGBi* (1-7); 4) индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv* (1-10); 5) индекс аномальности анастомозной сетки *C. intybus* – *AANCI* (1-10); 6) частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *C. intybus* с атипичным строением лакун – *KPCi* (1-10); 7) степень дефектности пыльцевых зерен *C. intybus* при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi* (1-10); 8) частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *C. intybus* – *KDNECi* (1-10); 9) проявление тератологической схизокотилии *C. intybus* – *TrShCi* (1-10); 10) индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *C. intybus* и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GCCi* и *GCTi* (1-10), а также приведены перспективные для изучения виды мохообразных, представленных на учетных площадках.

Результаты и обсуждение

Для каждой пробной площадки представлена сводная таблица значения фитоиндикационных параметров. Экологические шкалы составлены таким образом, что

большее значение каждого параметра арифметически усиливает общий показатель антропогенной нагрузки на экотоп. В таблицах 1-10 содержатся индексные значения в 2008 и 2018 гг. результатов фитоиндикационного скрининга во всех указанных предприятиях-загрязнителях.

Таблица 1

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Донецкого металлургического завода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Rl	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	9	6	8	7	7	7	8	9	8	76
2018	9	9	6	8	7	7	7	9	7	7	76

Донецкий металлургический завод наиболее подробно изучен во временном разрезе и диапазоне значений признаков. Сравнительная 10-летняя динамика указывает на тенденцию увеличения показателей общего габитуального изменения побегообразования и архитектоники *C. intybus*, а также частоты встречаемости деформированного или несформированного зародыша; при этом достоверно меньшими стали значения показателей, связанных с атипичным строением эмбрионального и карпологического материала растений-индикаторов.

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe, *D. tortile* (Schrad.) Brockm., *Dicranum polysetum* Sw., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al. и *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.

Базовые значения, в большинстве случаев, не имеют изменений в спектре сегментов индикаторных шкал. Фактический общий показатель нагрузки на локальную экосистему равен 76 и в общем балансе не изменился за всю экспозицию эксперимента.

Таблица 2

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Енакиевского металлургического завода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Rl	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	10	6	9	7	7	7	8	10	8	79
2018	9	9	5	8	8	8	8	8	7	8	78

Для Енакиевского металлургического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDG*Ci, *AAN*Ci, *KPC*i, *SDP*msCi – в совокупности эти признаки сопряжены с общим строением индикаторов, формированием базовых единиц листового аппарата (как признаки пайноморфности) и состоянием мужской генеративной сферы – пыльцевого зерна. Это указывает на специфику большей нагрузки на аэрогоризонт в системе наблюдений. Значимая разница за 10-летнее наблюдение зафиксирована для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrSh*Ci, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата растений, – это связано с повышением качества семенного материала при формировании зародыша растения-индикатора.

Общий показатель суммы индексов существенно за 10 лет не изменился (зафиксировано уменьшение на один процентный показатель).

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *B. campestre*, *A. serpens*, *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra.

Таблица 3

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Макеевского металлургического комбината**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Ri	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	8	6	6	7	6	6	8	9	8	71
2018	9	9	6	6	7	6	6	9	7	7	72

В соответствии с 10-летней разницей состояния индикаторов на пробной площадке Макеевского металлургического комбината выявлены следующие тенденции: возросли показатели габитуса индикаторных видов *C. intybus* и *R. lutea*, состояние зародышевого аппарата *C. intybus*. Важно отметить снижение последних двух критериев (как отмечалось и для Донецкого металлургического завода) по стабилизации разнокачественности эмбрионального аппарата и карпологической морфологии. Такие закономерности указывают на возможность восстановительных процессов для наследуемых признаков, поскольку качество семенного материала формирует возможность реализации репродуктивного потенциала в большей степени успешности.

Общая сумма показателей фитоиндикационной значимости пробной площадки Макеевского металлургического комбината, в сравнении с предыдущими двумя заводами этой же специфики производства, существенно меньше, радикальных колебаний внутри балльно-шкального оценивания не зафиксировано.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *O. pallens* (*O. paradoxum* Gronvall), *A. serpens*, *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp.

Таблица 4

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Енакиевского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> Ci	<i>MDG</i> Ri	<i>MDG</i> Bi	<i>ITRE</i> v	<i>AAN</i> Ci	<i>KPC</i> i	<i>SDP</i> msCi	<i>KDNE</i> Ci	<i>TrSh</i> Ci	<i>GCC</i> i	
2008	7	10	6	9	7	7	7	8	10	8	79
2018	10	9	5	8	9	9	9	8	6	8	81

Для Енакиевского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDG*Ci, *AAN*Ci, *KPC*i, *SDP*msCi – в совокупности эти признаки сопряжены с общим строением индикаторов, базовых единиц листового аппарата и состоянием пыльцевых зерен, что также отмечалось для этой городской агломерации (г. Енакиево), однако в этом конкретном случае отмечена большая статистическая разница. Это указывает на специфику большей токсической нагрузки на фитообъекты при коксохимическом производстве, чем того уровня загрязнения, установленного по зафиксированным показателям для металлургического завода. Значимая разница за 10-летнее наблюдение отмечена для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrSh*Ci, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата индикаторного вида, – это предположительно отражается на повышении качества семенного материала при формировании зародыша растения-индикатора.

Общий показатель суммы индексов за 10 лет увеличился на два процентных показателя, что неблагоприятно для природной среды, однако доказывает рабочее состояние предприятия-загрязнителя, что важно для констатации этого факта.

Виды мохообразных для микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *O. pallens*, *B. campestre*, *A. serpens*, *N. canescens* и *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. (*Amblystegium riparium* (Hedw.) Schimp.).

Таблица 5

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Макеевского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCi</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCi</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	7	8	6	6	7	6	6	8	8	8	70
2018	8	9	6	6	7	6	6	9	7	7	71

В соответствии с 10-летней разницей состояния индикаторов на пробной площадке Макеевского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: увеличены показатели габитуса индикаторных видов *C. intybus* и *R. lutea*, состояние зародышевого аппарата *C. intybus*, что уже отмечено и для металлургического производства этой агломерации (г. Макеевка). Зафиксировано снижение последних двух критериев (как и отмечалось для Донецкого и Макеевского металлургических заводов) по стабилизации разнокачественности эмбрионов и плодов индикаторных видов.

Общая сумма показателей фитоиндикационной значимости пробной площадки Макеевского коксохимзавода изменилась в сторону увеличения на одно процентное значение, что является следствием суммации предыдущих форм воздействия с отдаленными эффектами загрязнений.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *P. schreberi*, *O. pallens* (*O. paradoxum*), *A. serpens*, *P. repens*.

Таблица 6

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Ясиновского коксохимзавода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCi</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCi</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	8	10	6	9	8	8	8	8	10	8	83
2018	10	9	5	8	9	9	9	8	4	8	79

Для Ясиновского коксохимического завода выявлены следующие тенденции: существенно увеличены показатели *MDGCi*, *AANCi*, *KPCi*, *SDPmsCi*, что было отмечено и для других предприятий этого типа производства. Это указывает на специфику большей нагрузки на фитообъекты от коксохимических предприятий. Значимая разница за 10-летнее наблюдение зафиксирована для признаков общего габитуального строения *R. lutea* и *B. incana*, трихоморазнообразия *E. vulgare*; существенно снижен индекс *TrShCi*, что указывает на стабилизацию строения семядольного аппарата индикаторного вида.

Суммарный показатель индексов за 10 лет уменьшился на четыре процентных значения, что указывает на благоприятные тенденции при оценке воздействия на территориально сопряженные экотопы. В целом завод продолжает рассматриваться как опасный загрязнитель природной среды.

Виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *Orthotrichum obtusifolium* Brid. (*Stroemia obtusifolia* (Brid.) J. Hag., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & Warncke), *A. serpens*, *Tortula mucronifolia* Schwaegr. (*Syntrichia mucronifolia* (Schwägr.) Brid.), *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (*Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaerth., B. Mey. & Schreb).

Таблица 7

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки
Харьковского трубного завода**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGCi</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANCi</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	6	7	4	6	6	5	6	6	7	7	60
2018	5	4	3	5	5	4	4	4	6	5	45

Сравнительный анализ 10-летней разницы показывает значительное уменьшение воздействия промышленного объекта (Харьковского трубного завода) на природные среды. По всем без исключения параметрам наблюдается устойчивая тенденция уменьшения дегенеративных проявлений в индикаторных организмах, произрастающих в зоне воздействия этого предприятия.

Общий показатель фитоиндикационной значимости уменьшен на 15 процентных единиц, что является наиболее существенным результатом в сравнении со всеми предыдущими объектами промышленной деятельности. В таких случаях два сценария трактовки ситуации: уменьшение мощностей производства или увеличение экологичности работы предприятия.

Рекомендуемые виды мохообразных для дальнейшего микроэлементного анализа: *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur (*W. microstoma* (Hedw.) C. Mull., *Hymenostomum microstomum* (Hedw.) R. Br. ex Nees & Hornsch.), *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *D. pusillum*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*.

Таблица 8

Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки Зуевской ТЭС

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGci</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANci</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	5	5	3	5	4	6	5	6	5	5	49
2018	5	5	3	5	4	6	5	5	5	5	48

За весь период обозначенного диапазона мониторинговых исследований для пробной площадки Зуевской ТЭС определены средние или ниже среднего значения показатели структурной трансформации растений-индикаторов. 10-летний сравнительный анализ не выявил существенных изменений, что свидетельствует о стабильности системы «воздействие – реакция». Из всех признаков уменьшено значение одного параметра – частоты встречаемости деформированного или несформированного зародыша. Следовательно, по колебаниям фитоиндикационной значимости пробная площадка Зуевской ТЭС характеризуется максимальным консерватизмом.

Рекомендуемые виды мохообразных для анализа: *C. purpureus*, *Pleuridium acuminatum* Lindb., *B. argenteum* Hedw., *D. polysetum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*, *W. brachycarpa* (*W. microstoma*, *H. microstomum*), *Didymodon rigidulus* Hedw. (*Barbula rigidula* (Hedw.) Milde, *D. mamillosus* (Crundw.) M.O. Hill), *O. obtusifolium* (*S. obtusifolia*, *N. obtusifolia*).

Таблица 9

Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов пробной площадки Старобешевской ТЭС

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDGci</i>	<i>MDGRI</i>	<i>MDGBi</i>	<i>ITREv</i>	<i>AANci</i>	<i>KPCi</i>	<i>SDPmsCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>TrShCi</i>	<i>GCCi</i>	
2008	5	5	3	5	4	6	5	6	5	5	49
2018	7	6	3	5	6	7	8	8	8	8	66

Ситуация с фитоэкологическим эффектом на пробной площадке Старобешевской ТЭС указывает на повышение уровня техногенного воздействия предприятия-загрязнителя на природные среды. Неизменными остались показатели типической разнокачественности габитуса *B. incana* и индекса аномальности анастомозной сетки *C. intybus*. Все другие показатели за 10 лет увеличились в значении трансформированности своих структур. Выявленная тенденция доказывает интенсификацию работы ТЭС, и, возможно, переход на менее экологичные топливные и очистительные технологии.

Скачок общей суммы индексов в 17 балльных значений требует детализации

полученной тенденции по годам, что будет освещено в следующих публикациях.

На пробной площадке ТЭС зафиксированы следующие виды мохообразных: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *P. acuminatum*, *B. unguiculata*, *D. polysetum*, *B. campestre*, *A. serpens*, *Phascum cuspidatum* Hedw. (*Phascum acaulon* Lindb., *P. cuspidatum* var. *curvisetum* (Dicks.) Nees & Hornsch., *P. cuspidatum* var. *mitraeforme* Limpr., *Tortula acaulon* (With.) R. H. Zander, *T. atherodes* var. *cueviseta* (Dicks.) R. H. Zander), *Bryum torquescens* Bruch & Schimp. (*B. capillare* subsp. *icodense* (H. Winter) Podp., *B. capillare* subsp. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Kindb., *B. capillare* var. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Husn., *B. icodense* H. Winter, *B. obconicum* auct. non Hornsch. ex Bruch & Schimp., *Rosulabryum torquescens* (Bruch & Schimp.).

Таблица 10

**Сводная таблица экспертных значений фитоиндикаторов
пробной площадки Концерна Стирол**

Год	Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
	<i>MDG</i> <i>Ci</i>	<i>MDG</i> <i>Ri</i>	<i>MDG</i> <i>Bi</i>	<i>ITRE</i> <i>v</i>	<i>AAN</i> <i>Ci</i>	<i>KPC</i> <i>Ci</i>	<i>SDP</i> <i>ms</i> <i>Ci</i>	<i>KDNE</i> <i>Ci</i>	<i>TrSh</i> <i>Ci</i>	<i>GCC</i> <i>Ci</i>	
2008	4	4	4	7	7	6	5	9	10	8	64
2018	4	4	4	7	7	8	7	9	10	8	68

Концерн Стирол по сумме показателей фитоиндикационной значимости в 2008 г. характеризовался 64 баллами, а к 2018 г. этот показатель увеличился на четыре процентных единицы. Особенностью растительных объектов этой территории является сравнительно низкие показатели общей архитектоники всех используемых индикаторных видов и максимальные значения, рассчитанные для показателей строения зародышей и плодов растений-индикаторов, – те и другие показатели сохранили свои значения в интервалах фитоиндикационных шкал. Изменения в 10-летнем периоде были определены по показателям состояния мужской генеративной сферы (пыльцевые зерна с атипичными лакунами при фиксации и окрашивании метиленовым синим и общая степень дефектности палинологического материала) – эти показатели функционально стали больше. Предположительно, такие закономерности можно получить при увеличении общей генотоксичности почвенного субстрата.

В достаточном количестве для сбора биоматериала обнаружены следующие виды мохообразных: *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *B. unguiculata*, *B. campestre*, *A. serpens*, *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp. (*Platydictiasubtilis* (Hedw.) H. A. Crum, *Serpoleskeasubtilis* (Hedw.) Loeske, *Amblystegiella subtilis* (Hedw.) Loeske), *Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch et al., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al. (var. *capillaceum* (F. Weber & D. Mohr) Lorentz; ssp. *rotaeanum* (De Not.) J. J. Amann), *P. repens* и *N. canescens* (*R. canescens*).

Выводы

1. Проведенная эколого-ботаническая экспертиза позволила зафиксировать разницу в 10-летней динамике показателей фитоиндикационной значимости состояния экотопов по фитокомпонентам в зонах воздействия промышленных предприятий. Наибольшими значениями экологического дисбаланса характеризуются все анализируемые металлургические и коксохимические заводы Донбасса; существенно ухудшилась ситуация в зоне воздействия Старобешевской ТЭС; функционально более благоприятной экологическая ситуация определена в радиусах влияния Харцызского трубного завода и Ясиновского коксохимзавода.

2. Более 70% признаков индикаторной значимости сохранили свои высокие показатели на протяжении всего периода эксперимента, что предположительно подтверждает стабильно повышенный уровень воздействия индустриальных зон на природные системы и требует проведения постоянного детального мониторингового изучения.

3. Зарегистрированные виды бриобионтов своей спецификой экологической приуроченности к определенным промышленным биотопам характеризуют фрагментарный

приземный покров изученных территорий; во всех 10 промышленных зонах были отмечены *C. purpureus*, *B. argenteum*, *B. caespiticium*, *A. serpens*, *B. campestre* и *B. unguiculata*.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в рамках научных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. Гурова О. Н. Экологическая нагрузка в приграничных регионах : сохранение биоразнообразия при развитии горнодобывающей отрасли (в рамках речных бассейнов юго-востока Забайкальского края) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 1. С. 217–225.

2. Душкова Д. О., Горецкая А. Г., Евсеев А. В. Применение биоиндикационных методов при проведении мониторинговых исследований окружающей среды // Проблемы региональной экологии. 2017. № 2. С. 10–15.

3. Ибрагимова Э. Э. Мониторинг состояния окружающей среды методами фитоиндикации техногенного химического загрязнения // Человек – Природа – Общество : Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2018. № 4 (11). С. 57–61.

4. Поспелова А. О., Мардра Ю. А., Зеленская Т. Г., Гудиев О. Ю. Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования. Ставрополь : Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. 161 с.

5. Сафонов А. И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. тр. Донецк : ДонНУ, 2006. Вып. 6. С. 19–31.

6. Сафонов А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. 2009. № 51. С. 58–59.

7. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 23–29.

8. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017. Вып. 3. С. 6–14.

9. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.

10. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.

11. Сафонов А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 216–217.

12. Сафонов А. И., Захаренкова Н. С. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 18–24.

13. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–31.

14. Фардеева М. Б., Шафигуллина Н. Р. Экология растений и методы фитоиндикации. Казань : Казанский фед. ун-т, 2018. 150 с.

15. Gibson D. J. Grasses and grassland ecology. Oxford, New York : Oxford University Press, 2009. 306 p.

16. Iqbal M. *Vicia faba* bioassay for environmental toxicity monitoring : a review // Chemosphere. 2016. Vol. 144. P. 785–802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.048>

17. Khondhodjaeva N. B., Ismillaeva K. B., Ruzimbayeva N. T. Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.

18. Kumar R. A review of phylogeography : biotic and abiotic factors // Geology, Ecology, Landscapes. 2018. Vol. 2, N 4. P. 268–274. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452486>

19. Parmar T. K., Rawtani D., Agrawal Y. K. Bioindicators : the natural indicator of environmental pollution // Frontiers in Life Science. 2016. Vol. 9, N 2. P. 110–118. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21553769.2016.1162753>

20. Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2013. N 1 (13). P. 52–59.

21. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // A science. Thought : Scientific journal. 2016. N 4. P. 58–70.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ДОНБАССА ПО ФИТОИНДИКАЦИОННЫМ КРИТЕРИЯМ

© 2019. А.И. Сафонов

Представлены результаты фитоиндикационных работ в зонах непосредственного воздействия предприятий-загрязнителей. Составлены списки видов и их признаков строения, имеющие значение для проведения экологического мониторинга в регионе и экологической экспертизы в системе диагностики степени трансформации экотопов Донбасса.

Ключевые слова: фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг, экспертиза промышленных объектов

Введение. В регионах с развитой промышленной инфраструктурой, добычей полезных ископаемых, металлургической, химической, коксохимической отраслями неизбежен процесс трансформации и загрязнения природных сред [1]. Проведение своевременной диагностики состояния экотопов – первоочередная задача ученых-экологов для принятия своевременных решений о возможной коррекции антропогенно воздействия [2]. В Донецком экономическом районе ботанико-экологические исследования посвящены методам фитоиндикации и мониторинга: при спорово-пыльцевом обследовании [3], анализе соронорудеральной фракции флоры региона [4], определении стратегий выживания фитоиндикаторов [5], анализе их эмбриональных структур [6-7]. Региональные исследования сформированы в рамках тематических направлений функциональной ботаники [8], экспертизы промышленных предприятий [9], фитоквантификации [10], экологического мониторинга [11] на основании сводного чек-листа [12]. Такой широкий спектр методических подходов и способов использования растений позволяет реализовывать полномасштабные и достоверные проекты экспертных наблюдений в зонах экологического дисбаланса [13].

Цель работы – представить результаты инвентаризационных экспертных работ на промышленных объектах Донбасса по фитоиндикационным критериям.

Материал и методика исследования. Методы квантификации и проведения экологической экспертизы в Донбассе описаны в [3, 6, 9-10]. Используются сводные критерии и данные аналитических конструкций чек-листа города Донецка [12].

В базовой экспериментальной части представлены сведения о состоянии экотопов на промышленных предприятиях (в зоне их непосредственного влияния) в 2017 и 2018 годах: 1) Донецкий металлургический завод, 2) Енакиевский металлургический завод, 3) Макеевский металлургический комбинат, 4) Енакиевский коксохимзавод, 5) Макеевский коксохимзавод, 6) Ясиновский коксохимзавод, 7) Харцызский трубный завод, 8) Зуевская ТЭС, 9) Старобешевская ТЭС, 10) концерн Стирол. Такой формат скрининга не предусматривает сбор материала в контрольных (относительно малонарушенных) местах произрастания растений-индикаторов, поскольку критерии их пластичности уже регионально установлены по экологическим шкалам, индексам, аддитивно стандартизированы при флуктуации системы экологического баланса [9, 11, 12]. Экспериментальная часть работы реализована в лабораториях кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета.

Анализ результатов. Проведенная эколого-ботаническая экспертиза [9] позволила зафиксировать разницу в 10-летней динамике показателей фитоиндикационной значимости состояния экотопов по используемым растениям-индикаторам в зонах воздействия промышленных предприятий. Эти же объекты промышленной собственности проанализированы и при проведении инвентаризации последних лет, чтобы сформировать общий список фитоиндикационно значимых критериев. Такой список необходим для составления классификационной рабочей схемы проводимых экспериментов и может быть полезен для экстраполяции методики на другие объекты в изучаемой климатической зоне, поскольку в фитоиндикационном мониторинге очень важно иметь региональные значения и диапазоны варьирования признаков, экологических шкал и функциональных параметров. Наибольшими показателями (в определенном целевом списке предприятий-загрязнителей экологического напряжения) характеризуются все анализируемые в этом блоке наблюдений металлургические и коксохимические заводы Донбасса (предоставлены в первой половине перечня объектов); существенно ухудшилась ситуация в зоне воздействия Старобешевской ТЭС (что отражается для экотопа значений № 9); по используемым критериям функционально более благоприятной экологической ситуации определена в радиусах влияния Харцызского трубного завода и Ясиновского коксохимзавода. Таблица 1 содержит сводные значения индексированных показателей по фитоиндикации в промышленных экотопах за 2017 год, поскольку часть данных 2018 года по нескольким критериям (морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDGCI* (1-10), габитуса *Reseda lutea* L. – *MDGRI* – (1-10), габитуса *Berteroa incana* (L.) DC. – *MDGBi* – (1-7), индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv* (1-10); индекс аномальности анастомозной сетки *Cichorium intybus* L. – *AANCI* (1-10), частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. с атипичным строением лакун – *KPCi* (1-10); степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi* (1-10), частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *Cichorium intybus* L. – *KDNECi* – (1-10), проявление тератологической схизокотилии *Cichorium intybus* L. – *TrShCi* (1-10), индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GCCI* и *GCTi* (1-10) опубликована ранее [9].

В представленной серии экспериментов содержатся результаты уже на 15 критериев больше (табл. 1) по списочному составу и предусмотрен подсчет общего суммарного эффекта по каждому объекту (промышленной площадке – учетной пробной площадке), что не было сделано ранее в таком расчетном интервале времени. Общая тенденция высоких значений для объектов более токсичной деятельности сохранилась для всех без исключения 25 критериев из чек-листа фитоиндикаторов, используемых в Донбассе. Этот факт важен для возможного альтернативного использования значимых индексов в ситуации при элиминации на конкретной территории какого-либо из критериев (по объективным причинам ввиду его отсутствия в этом вегетационном сезоне) списочного состава.

Все экспериментальные пробные площадки соответствуют либо высокому, либо недопустимому уровню трансформации условий произрастания видов-индикаторов, что указывает на высокие концентрации загрязняющих токсических элементов в природных средах. По данным табл. 1 также установлено, что разные индикаторные виды по одноименным критериям соответствуют интервалу значимости между собой, то есть тоже могут рассматриваться как взаимодополняющие при общей оценке среды.

В результате проведенного фитоиндикационного скрининга установлено, что по степени увеличения техногенной нагрузки на среду промышленные предприятия формируют следующий ранжированный перечень: Ясиновский коксохимзавод, Харцызский трубный завод, концерн Стирол, Зуевская ТЭС, Макеевский коксохимзавод, Енакиевский коксохимзавод, Макеевский металлургический комбинат, Старобешевская ТЭС, Донецкий металлургический завод, Енакиевский металлургический завод.

Значения индексированных показателей фитоиндикаторов в промышленных экотопах Донбасса по критериям мониторингологической значимости системы инвентаризации, 2017 г.

№	Критерий *	Пробные площадки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>MDG</i> Ci	9	9	10	9	9	7	5	4	8	4
2	<i>MDG</i> Tm	5	3	4	4	4	5	4	5	7	3
3	<i>MDG</i> Ti	10	10	10	9	8	6	6	5	9	5
4	<i>MDG</i> Tv	5	6	6	5	4	3	3	3	6	3
5	<i>MDG</i> Rl	10	10	10	9	8	6	5	7	10	5
6	<i>MDG</i> Ev	4	4	4	4	4	3	2	3	4	2
7	<i>GAB</i> i	10	8	10	8	8	5	5	6	8	3
8	<i>GAC</i> i	5	5	4	5	5	4	5	5	5	2
9	<i>GAP</i> m	9	8	7	7	7	5	4	7	8	4
10	<i>GAT</i> i	9	10	7	6	8	5	5	6	8	5
11	<i>ITR</i> Ci	9	9	8	10	8	5	3	4	7	3
12	<i>ITR</i> Ev	10	8	8	6	9	4	5	7	8	4
13	<i>AAN</i> Ci	9	8	10	10	6	3	3	3	8	2
14	<i>AAN</i> Pm	7	10	8	10	8	5	4	2	7	3
15	<i>ITS</i> Ci	7	9	7	7	6	3	3	2	10	6
16	<i>ITSE</i> v	8	9	8	8	5	3	4	4	7	7
17	<i>IAS</i> taCi	7	7	6	7	7	5	3	7	7	4
18	<i>KPC</i> i	7	9	8	8	5	2	5	6	8	5
19	<i>SDP</i> msCi	7	8	8	7	5	2	8	6	10	7
20	<i>SDP</i> msTi	9	8	8	8	9	5	4	2	8	5
21	<i>KDNE</i> Ci	7	9	8	10	8	4	4	6	7	7
22	<i>TrS</i> Ci	9	8	10	6	8	3	5	2	8	5
23	<i>TrSh</i> Ci	9	8	6	7	8	5	3	7	9	3
24	<i>MGCC</i> i	9	9	6	6	7	3	4	5	9	7
25	<i>MGCT</i> v	9	8	8	10	7	4	5	6	8	4
<i>Всего</i>		199	200	189	186	171	105	107	120	194	108

* Перечень индексированных показателей: морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDG*Ci; морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tragopogon major* Jacq. – *MDG*Tm; морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MDG*Ti; морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tanacetum vulgare* L. – *MDG*Tv; разнокачественность общего габитуса *Reseda lutea* L. – *MDG*Rl; морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Echium vulgare* L. – *MDG*Ev; коэффициент генеративной активности *Berteroa incana* (L.) DC. – *GAB*i; коэффициент генеративной активности *Cichorium intybus* L. – *GAC*i; коэффициент генеративной активности *Plantago major* L. – *GAP*m; коэффициент генеративной активности *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *GAT*i; индекс трихоморазнообразия (типификация трихом) *Cichorium intybus* L. – *ITR*Ci; индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITR*Ev; индекс аномальности анастомозной сетки *Cichorium intybus* L. – *AAN*Ci; индекс аномальности анастомозной сетки *Plantago major* L. – *AAN*Pm; Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Cichorium intybus* L. – *ITS*Ci; индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Echium vulgare* L. – *ITSE*v; индекс атипичного строения устьичного аппарата *Cichorium intybus* L. – *IAS*taCi; частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. с атипичным строением лакун – *KPC*i; степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании метиленовым синим – *SDP*msCi; степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании метиленовым синим – *SDP*msTi; ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Cichorium intybus* L. – *KDNE*Ci; проявление тератологической синкотилии *Cichorium intybus* L. – *TrS*Ci; проявление тератологической схизокотилии *Cichorium intybus* L. – *TrSh*Ci; индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Cichorium intybus* L. – *MGCC*i; индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *MGCT*v.

Для промышленных объектов составлены списки зарегистрированных видов высших растений, имеющих индикаторное значение, что важно для организации локального экологического мониторинга в каждой конкретной точке при сопряженных экологических параметрах. В списки включены виды (помимо уже указанных в табл. 1), значения которых важны для расчета общего показателя техногенной нагрузки на среду.

Учетная площадка Донецкого металлургического завода содержит: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Achillea nobilis* L., *Agrostis stolonifera* L., *Amaranthus albus* L., *Amblystegium*

serpens (Hedw.) Schimp., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Atriplex patens* (Litv.) Ijin, *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Chelidonium majus* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Cynoglossum officinale* L., *Dicranum polysetum* Sw., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe (*D. tortile* (Schrad.) Brockm., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

Список видов-индикаторов на территории Енакиевского металлургического завода: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Agrostis stolonifera* L., *Amaranthus albus* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Barbula unguiculata* Hedw., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bryum argenteum* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Cynoglossum officinale* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Galium mollugo* L., *Gnaphalium uliginosum* L., *Kochia laniflora* (S. G. Gmel.) Borb., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Papaver rhoeas* L., *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Swida alba* Opiz, *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

Макеевский металлургический комбинат в зоне влияния формирует условия произрастания следующих видов-индикаторов: *Amaranthus retroflexus* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Artemisia vulgaris* L., *Atriplex patula* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cynoglossum officinale* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.), *Euphorbia seguieriana* Neck., *Galium mollugo* L., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid. (*O. paradoxum* Gronvall), *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

На учетной площадке Енакиевского коксохимзавода встречаются: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Agrostis stolonifera* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Atriplex hortensis* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Cynoglossum officinale* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Gnaphalium uliginosum* L., *Kochia laniflora* (S. G. Gmel.) Borb., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. (*Amblystegium riparium* (Hedw.) Schimp.), *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Otites media* (Litv.) Klovov, *Papaver rhoeas* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Sinapis arvensis* L., *Thlaspi arvense* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

Учетная площадка Макеевского коксохимзавода содержит: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Agrostis stolonifera* L., *Amaranthus albus* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Berteroa incana* (L.) DC., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Cirsium*

arvense (L.) Scop., *Chelidonium majus* L., *Dactylis glomerata* L., *Daucus carota* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus niger* L., *Kochia laniflora* (S. G. Gmel.) Borb., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid. (*O. paradoxum* Gronvall), *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Thlaspi arvense* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip

На учетной площадке Ясиновского коксохимзавода встречаются: *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Brassica campestris* L., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Chelidonium majus* L., *Coniza canadensis* (L.) Cronq, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Cynoglossum officinale* L., *Daucus carota* L., *Digitalis purpurea* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Galinsoga parviflora* Cav., *Galium mollugo* L., *Gnaphalium uliginosum* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Hyoscyamus niger* L., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & Warncke), *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Orthotrichum obtusifolium* Brid. (*Stroemia obtusifolia* (Brid.) J. Hag., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Tortula mucronifolia* Schwaegr. (*Syntrichia mucronifolia* (Schwägr.) Brid.), *Salsola australis* R. Br., *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (*Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaerth., B. Mey. & Schreb), *Swida alba* Opiz, *Thlaspi arvense* L., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

Харцызский трубный завод как пробная площадка для фитомониторинга содержит следующие виды высших растений: *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Digitalis purpurea* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe (*D. tortile* (Schrad.) Brockm., *Galinsoga parviflora* Cav., *Gnaphalium uliginosum* L., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hymenostomum microstomum* (Hedw.) R. Br. ex Nees & Hornsch.), *Hyoscyamus niger* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Orites media* (Litv.) Klovov, *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Sinapis arvensis* L., *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur (*W. microstoma* (Hedw.) C. Mull.

Учетная площадка Зуевской ТЭС содержит виды растений-индикаторов: *Achillea collina* J. Becker ex Rechb., *Agrostis stolonifera* L., *Amaranthus albus* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Atriplex hortensis* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Daucus carota* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Dicranum polysetum* Sw., *Didymodon rigidulus* Hedw. (*Barbula rigidula* (Hedw.) Milde, *D. mamillosus* (Crundw.) M.O. Hill), *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hymenostomum microstomum* (Hedw.) R. Br. ex Nees & Hornsch.), *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & Warncke), *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Orthotrichum obtusifolium* Brid. (*Stroemia obtusifolia* (Brid.) J. Hag., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Pleuridium acuminatum* Lindb., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Tragopogon major* Jacq., *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur (*W. microstoma* (Hedw.) C. Mull., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

На учетной площадке Старобешевской ТЭС произрастают: *Amblystegium serpens*

(Hedw.) Schimp., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Agrostis stolonifera* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum torquescens* Bruch & Schimp. (*B. capillare* subsp. *icodense* (H. Winter) Podp., *B. capillare* subsp. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Kindb., *B. capillare* var. *torquescens* (Bruch & Schimp.) Husn., *B. icodense* H. Winter, *B. obconicum* auct. non Hornsch. ex Bruch & Schimp., *Bryum caespiticium* Hedw., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Daucus carota* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Dicranum polysetum* Sw., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Galium mollugo* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Phascum cuspidatum* Hedw. (*Phascum acaulon* Lindb., *P. cuspidatum* var. *curvisetum* (Dicks.) Nees & Hornsch., *P. cuspidatum* var. *mitraeforme* Limpr., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Pleuridium acuminatum* Lindb., *Polygonum aviculare* L., *Rosulabryum torquescens* (Bruch & Schimp.), *Senecio vulgaris* L., *Sonchus arvensis* L., *Stenactis annua* Nees, *Swida alba* Opiz, *Tortula acaulon* (With.) R. H. Zander, *T. atherodes* var. *cueviseta* (Dicks.) R. H. Zander), *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

Концерн Стирол как пробная площадка для фитомониторинга содержит виды высших растений: *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Agrostis stolonifera* L., *Amaranthus albus* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp. (*Platydictiasubtilis* (Hedw.) H. A. Crum, *Amblystegiella subtilis* (Hedw.) Loeske), *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Barbula unguiculata* Hedw., *Berteroa incana* (L.) DC., *Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch et al., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al. (var. *capillaceum* (F. Weber & D. Mohr) Lorentz; ssp. *rotaeantum* (De Not.) J. J. Amann), *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bromus arvensis* L., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra (*Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid.), *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus niger* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Polygonum aviculare* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske, *Reseda lutea* L., *Sinapis arvensis* L., *Tragopogon major* Jacq.

Выводы.

1. Фитокомплексы промышленных зон и территорий предприятий-загрязнителей Донбасса формируются преимущественно спонтанно-стихийным способом, представляют собой открытые экспериментальные площадки для проведения адекватного фитоиндикационного эксперимента мониторингового назначения. Инвентаризационные работы в таком целевом направлении представляют собой перспективно значимые базы данных для дальнейшей оценки и проведения диагностических мероприятий экспертного характера.

2. По степени ипмакта на природные среды наибольшее значение оказывают предприятия металлургической и коксохимической промышленности. Для всех предприятий мониторингового эксперимента составлен ранжированный список по степени воздействия на растительные индикаторы.

3. Из зафиксированных видов высших растений особую группу занимают мохообразные, чья роль в экологическом мониторинге и фитоиндикационное значение требуют дальнейшего детального рассмотрения. Выделены виды для пассивного мониторинга: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al. и *Barbula unguiculata* Hedw.

Работа реализована в рамках инициативной и госбюджетной тем "Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн" № 0117D000192 и "Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов" № 0118D000017, выполняющихся в ГОУВПО «Донецкий национальный университет».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khondhodjaeva N.B. Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring / N.B. Khondhodjaeva, K.B. Ismillaeva, N.T. Ruzimbayeva // *European Science*. – 2018. – № 4 (36). – P. 68-70.
2. Ибрагимова Э.Э. Мониторинг состояния окружающей среды методами фитоиндикации техногенного химического загрязнения / Э.Э. Ибрагимова // *Человек – Природа – Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии*. – 2018. – № 4 (11). – С. 57-61.
3. Сафонов А.И. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России / А.И. Сафонов, Н.С. Мирненко // *Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: Матер. Междунар. научн. конф. студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.)*. – Том 2: Химико-биологические науки. – С. 97-99.
4. Сафонов А.И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем / А.И. Сафонов // *Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Матер. Междунар. научн. конф. (Киров, 16-18 апреля 2019 г.)*. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 13-16.
5. Сафонов А.И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений / А.И. Сафонов // *Аграрная Россия*. – 2009. – № 51. – С. 58-59.
6. Сафонов А.И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А.И. Сафонов // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. – 2016. – № 3-4. – С. 23-29.
7. Сафонов А.И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А.И. Сафонов // *Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета*. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.
8. Сафонов А.И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А.И. Сафонов // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. – 2017. – № 1-2. – С. 8-14.
9. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. – 2019. – № 1-2. – С. 35-43.
10. Safonov A.I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region / A.I. Safonov // *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*. – 2013. – N 1 (13). – P. 52-59.
11. Safonov A.I. Phytoindicational monitoring in Donetsk / A.I. Safonov // *A science. Thought: Scientific journal*. – 2016. – N 4. – P. 58-70.
12. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) / А.И. Сафонов // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. – 2018. – № 3-4. – С. 67-72.
13. Душкова Д.О. Применение биоиндикационных методов при проведении мониторинговых исследований окружающей среды / Д.О. Душкова, А.Г. Горецкая, А.В. Евсеев // *Проблемы региональной экологии*. – 2017. – № 2. – С. 10-15.

ОБОБЩАЮЩИЙ ТЕСТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

1. Какой международный стандарт определяет понятие "мониторинг":

- 1) СТ ISO 4225-80 2) СТ ISO 2525-80 3) СТ ISO 4242-80 4) СТ ISO 4225-72

2. В каком году был предложен термин "мониторинг":

- 1) 1980 2) 1880 3) 1992 4) 1972

3. Согласно международным стандартам мониторинг - это:

- 1) наблюдение за фактическим состоянием биосферы и ее изменениями
- 2) выявление изменений, обусловленных деятельностью человека
- 3) обобщение результатов наблюдений
- 4) многократное измерение для наблюдений за изменениями какого-либо параметра в определенном интервале времени

- 5) выявление изменений, обусловленных антропопрессией
- 6) прогнозы тенденций в изменении биосферы
- 7) система долгосрочных наблюдений, оценивания, контролирования и прогнозирования состояния и изменения объектов

4. Термин "мониторинг" был предложен накануне проведения Стокгольмской конференции ООН по вопросам окружающей природной среды в довесок или ля дифференциации с термином:

- 1) наблюдение 2) усвоение 3) запись 4) контроль 5) нормирование 6) лицензирование

5. Элементы активных действий мониторинга:

- 1) наблюдение 2) получение информации 3) оценивание 4) контроль
- 5) прогнозирование 6) разработка природоохранных рекомендаций

6. Ключевые элементы системы мониторинга:

- 1) наблюдение 2) оценка 3) прогноз 4) управление

7. Основные отличия систем глобального и национального мониторингов:

- 1) объективность 2) политичность 3) заинтересованность
- 4) управление 5) документоведение

8. Мониторинг является:

- 1) многоцелевой информационной системой
- 2) отраслью экологической науки 3) одноцелевой информационной системой

9. Задачи мониторинга как науки:

- 1) постановка и выработка теоретических основ практического решения проблем организации наблюдений в теории и на практике
- 2) оценивание фактического состояния окружающей среды
- 3) выбор методов и методик оценки и прогноза состояния окружающей среды
- 4) исследование состояния биосферы, оценивание и прогноз ее изменений
- 5) разработка рекомендаций по управлению состоянием компонентов биосферы

10. Общие задачи мониторинговых исследований:

- 1) постановка и выработка теоретических основ практического решения проблем организации наблюдений в теории и на практике
- 2) оценивание фактического состояния окружающей среды
- 3) выбор методов и методик оценки и прогноза состояния окружающей среды
- 4) исследование состояния биосферы, оценивание и прогноз ее изменений
- 5) разработка рекомендаций по управлению состоянием компонентов биосферы

11. Общенаучные методы мониторинговых исследований:

- 1) анализ 2) синтез 3) обобщение 4) статистическая обработка

12. Через непосредственные наблюдения на соответствующих станциях и постах реализуются методы получения: 1) вторичной информации 2) общей информации

- 3) первичной информации 4) эмпирических обобщений

13. Методы получения первичной информации:

- 1) метеорологические 2) аналогий 3) эмпирическое обобщение 4) моделирование
- 5) фоновые 6) биологические 7) геофизические 8) гидрологические

14. Методы получения вторичной информации:

- 1) метеорологические 2) аналогий 3) эмпирическое обобщение 4) моделирование
- 5) фоновые 6) биологические 7) геофизические 8) гидрологические

15. Результаты методов получения вторичной информации фиксируют в виде:

- 1) карт 2) матриц 3) таблиц 4) моделей 5) заключений 6) диагнозов 7) графиков

16. ГИС – географические информационные системы – это:

- 1) компьютерные базы данных, объединенные определенным аналитическим способом для работы с пространственной информацией
- 2) вербальные методы в описательной экологии
- 3) сбор методов статистической обработки данных, основанных на основании дипломных работ студентов-экологов биологического факультета

17. Теофраст Ерезийский (371-280 гг. до н.э.):

- 1) приводит сведения о своеобразии животных, которые обитают в различных условиях, зависимость их форм и особенностей от почвы и климата
- 2) приводит сведения о своеобразии растений, произрастающих в различных условиях, зависимость их форм и особенностей от почвы и климата
- 3) рассматривал влияние окружающей среды на здоровье человека

18. Возникновение и становление мониторинга как науки в первую очередь обусловлены:

- 1) увеличением информации экологической направленности
- 2) увеличением антропоического влияния на природу
- 3) появлением возможности глобального статистического анализа
- 4) появлением ГИС-технологий

19. Согласно концепции Ю.А. Израэля:

- 1) целью мониторинга является фиксация антропогенных изменений и управление качеством природной среды
- 2) целью мониторинга является обработка геофизических данных о состоянии среды
- 3) целью мониторинга является фиксация антропогенных изменений природной среды, а управление качеством не предусмотрено
- 4) целью мониторинга является обработка ботанических данных о состоянии среды

20. По мнению И.П. Герасимова:

- 1) система мониторинга усложняет рациональное управление экосистемами
- 2) система мониторинга облегчает рациональное управление экосистемами
- 3) система мониторинга активизирует рациональное управление экосистемами
- 4) система мониторинга решает вопросы управления экосистемами
- 5) система мониторинга не решает вопросы управления экосистемами

21. Идея глобального мониторинга в 1972-1974 гг. была разработана:

- 1) научным комитетом по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов
- 2) научным комитетом системы мониторинга Международного совета научных союзов
- 3) научным комитетом ООН по проблемам окружающей природной среды
- 4) на биологическом факультете одного из ВУЗов России

22. Теоретически идею глобального мониторинга обосновал:

- 1) М. Голубец
- 2) К. Сытник
- 3) Р. Мунн
- 4) А. Травлев
- 5) И. Стрельников

23. Подсистемы глобального мониторинга окружающей среды:

- 1) мониторинг литосферы
- 2) климатический мониторинг
- 3) мониторинг океана
- 4) геофизический мониторинг
- 5) мониторинг моря
- 6) биогеохимический мониторинг
- 7) мониторинг атмосферных осадков
- 8) мониторинг озонового слоя

24. Первый "Справочник по экологическому мониторингу" Секретариата ООН по окружающей среде был издан в:

- 1) 1985 г.
- 2) 1986 г.
- 3) 1996 г.
- 4) 2006 г.
- 5) нет такого "Справочника"

25. Примеры выявления и исследования природных ресурсов в экологическом мониторинге:

- 1) для продуктов питания
- 2) для возможности нанесения ущерба здоровью
- 3) для нарушения условий нормального функционирования органов человека
- 4) для мониторинга растительности
- 5) для оценки размеров ущерба от конкретного несчастного случая
- 6) для мониторинга популяций
- 7) для мониторинга рельефа

26. Примеры исследования природных условий в экологическом мониторинге:

- 1) для продуктов питания
- 2) для возможности нанесения ущерба здоровью

- 3) для мониторинга эрозии почв
- 4) для мониторинга растительности
- 5) для мониторинга твердого стока
- 6) для мониторинга популяций
- 7) для мониторинга рельефа

27. Проблемный мониторинг в Великобритании – это:

- 1) оценка новых опасных экологически кризисных ситуаций
- 2) оценка ситуаций, важных в национальных интересах
- 3) выявление показателей, опасных для здоровья человека
- 4) выявление вредных факторов для биоты
- 5) анализ радиационного баланса на конкретной территории

28. Проблемный характер мониторинга в Швеции заключается в:

- 1) установлении основных факторов негативного воздействия на природные системы
- 2) обеспечении нулевого риска в действующих системах
- 3) выделении уровня потенциальной опасности жизнедеятельности
- 4) выделении уровня реальной опасности жизнедеятельности
- 5) обеспечении полноценного функционирования живых систем
- 6) наблюдении за качеством природных сред, выделении определенных проблем и разработке действий согласно частным программам

29. Основой национальных мониторингов стран СНГ, является:

- 1) геофизический подход
- 2) геостратегический подход
- 3) геохимический подход
- 4) геотермический подход
- 5) геобиологический подход
- 6) геохаотический подход

30. В 1993 г. начались разработка и внедрение системы экологического мониторинга согласно:

- 1) Закону "Об экологической экспертизе"
- 2) Закону "Об охране окружающей природной среды"
- 3) "Положению о государственном мониторинге окружающей среды"
- 4) "Положению об общественном мониторинге окружающей среды"
- 5) "Положению о частном мониторинге окружающей среды"

31. Направления в рамках системы мониторинга за действием основных антропогенных факторов:

- 1) наблюдения за локальными источниками загрязнения
- 2) наблюдения за состоянием окружающей природной среды
- 3) наблюдения за состоянием биосферы
- 4) наблюдения за реакцией крупных систем
- 5) наблюдения за здоровьем жителей крупных городов

32. Наблюдения за реакцией крупных систем на действие антропогенных факторов включают:

- 1) наблюдения за локальными источниками загрязнения
- 2) наблюдения за состоянием окружающей природной среды
- 3) наблюдения за состоянием биосферы
- 4) наблюдения за состоянием климата
- 5) наблюдения за здоровьем жителей крупных городов
- 6) наблюдения за состоянием Мирового океана

33. Начальным (фоновым) состоянием природной системы в экологическом мониторинге считается:

- 1) состояние средних показателей в конкретном районе
- 2) состояние средних показателей в мировом масштабе
- 3) рассчитанное усредненное по всем критическим показателям
- 4) рассчитанное усредненное по лимитирующему показателю вредности
- 5) состояние, которое поддерживалось до существенного влияния человека

34. Основная прикладная цель мониторинга:

- 1) обеспечение населения материальными благами
- 2) обеспечение равновесия в экосистемах
- 3) гармонизация дисбаланса а природных системах
- 4) показать состояние окружающей среды
- 5) наблюдение за изменениями в экосистемах под действием человеческого фактора
- 6) наблюдение за стабилизацией нарушений в экосистемах под действием человеческого фактора

35. Гидрометеослужба СССР с 1963 г. начала отслеживать:

- 1) радиоактивное загрязнение природной среды
- 2) загрязнение воздуха
- 3) загрязнение водных объектов
- 4) загрязнение биосферы

36. С 1972 г. общегосударственная служба наблюдений и контроля (в СССР) выполняла такие задачи:

- 1) наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы
- 2) выявление источников загрязнения
- 3) оценивание эффективности мероприятий по защите окружающей среды
- 4) обеспечение заинтересованных организаций экологической информацией

37. Мониторинг окружающей природной среды осуществляют:

- 1) научный комитет
- 2) Министерство охраны здоровья
- 3) Министерство сельского хозяйства
- 4) Министерство лесного хозяйства
- 5) Государственный комитет гидрометеослужбы
- 6) Государственный комитет водного хозяйства
- 7) Государственный комитет земельных ресурсов
- 8) Государственное жилищное коммунальное хозяйство

38. Государственный комитет водного хозяйства осуществляет мониторинг:

- 1) поверхностных вод в зоне влияния электростанций
- 2) подземных вод в зоне влияния электростанций
- 3) сельскохозяйственных объектов
- 4) лесных объектов
- 5) мелиоративных систем

39. Министерство лесного хозяйства осуществляет мониторинг:

- 1) состояния поверхностных вод в зоне влияния электростанций
- 2) состояния охотничьей фауны
- 3) состояния лесных почв
- 4) состояния лесных объектов
- 5) состояния мелиоративных систем

40. Государственный комитет земельных ресурсов осуществляет мониторинг:

- 1) структуры землепользования
- 2) состояния и качества почв
- 3) состояния растительного покрова
- 4) состояния осушенных и орошаемых земель
- 5) состояния береговой линии рек
- 6) состояние береговой линии озер
- 7) состояние береговой линии заливов

41. Главными принципами, на основе которых организовывается наблюдение за окружающей средой, являются:

- 1) комплексность
- 2) комплементарность
- 3) компетентность
- 4) командировочность
- 5) синхронность
- 6) систематичность
- 7) согласованность
- 8) систематизированность

46. Универсальная блок-схема функционирования системы мониторинга включает:

- 1) наблюдения
- 2) прогноз состояния
- 3) оценка фактического состояния
- 4) оценка экономического состояния
- 5) оценка научно-технического потенциала
- 6) оценка прогнозируемого состояния
- 7) регулирование качества среды

47. Построение прогноза в системе мониторинга:

- 1) предусматривает знание закономерностей изменения состояния природной среды
- 2) предусматривает направленность прогноза
- 3) зачастую определяет структуру наблюдательной сети
- 4) зачастую определяет состав наблюдательной сети
- 5) предусматривает оценку научно-технического потенциала государства

48. В универсальной блок-схеме функционирования системы мониторинга наиболее тесно связаны блоки:

- 1) оценка фактического состояния и наблюдений
- 2) оценки фактического состояния и прогноза
- 3) регулирования качества среды и прогноза состояния среды
- 4) наблюдения и прогноза состояния среды
- 5) наблюдения и регулирования качества среды

49. Связь между блоками "наблюдения" и "прогноза состояния среды" в мониторинге является примером:

- 1) прямой связи
- 2) обратной связи
- 3) внешней связи
- 4) отсутствия связей

50. Универсальная блок-схема функционирования системы мониторинга состоит из двух частей:

- 1) информационной системы и мониторинга
- 2) мониторинга и регулирования экономического состояния
- 3) мониторинга и прогноза
- 4) информационной системы и управления

51. Схема определения места мониторинга в системе управления состоянием природной среды состоит из блоков:

- 1) антропогенное воздействие
- 2) первоначальное состояние биосферы
- 3) измененное состояние биосферы
- 4) экономические возможности
- 5) уровень научно-технических разработок
- 6) мониторинг
- 7) оценка фактического состояния среды
- 8) прогноз состояния среды

52. Блок "управления" в системе мониторинга – это:

- 1) блок принятия решений
- 2) блок дистанционного контроля
- 3) блок спускового механизма
- 4) второстепенный блок в этой системе
- 5) блок научно-технических разработок

53. На схеме определения места мониторинга в системе управления состоянием природной среды условно совмещены:

- 1) энергетические потоки
- 2) блоки дистанционного контроля
- 3) блоки спускового механизма
- 4) информационные потоки
- 5) блоки научно-технических разработок

54. Согласно структуре компонентов системы мониторинга наблюдения за состоянием природной среды должны включать:

- 1) энергетические потоки
- 2) наблюдения за источниками антропогенного воздействия
- 3) наблюдения за факторами антропогенного воздействия
- 4) информационные потоки
- 5) наблюдения за состоянием элементов биосферы

55. Природные среды в структуре компонентов системы мониторинга:

- 1) атмосфера
- 2) океан
- 3) поверхность суши
- 4) криосфера
- 5) биота
- 6) химические
- 7) физические
- 8) биологические

56. Факторы воздействия в структуре компонентов системы мониторинга:

- 1) атмосферные
- 2) океанические
- 3) поверхностные
- 4) криосферные
- 5) биологические
- 6) химические
- 7) физические

57. В структуре компонентов системы мониторинга обязательно подразумевается получение данных о фоновом состоянии элементов биосферы:

- 1) да
- 2) нет
- 3) не всегда

58. И.П. Герасимов подразделяет мониторинг на три ступени:

- 1) биоэкологический, геоэкологический и биосферный
- 2) биоэкологический, геологический и биосферный
- 3) биоэкологический, геоэкологический и ботанический
- 4) биоэкологический, геоэкологический и зоологический
- 5) биоэкологический, геоэкологический и технический

59. По И.П. Герасимову биоэкологический мониторинг имеет синоним:

- 1) биосферный
- 2) биогеоценотический
- 3) ботанический
- 4) зоологический
- 5) санитарно-гигиенический
- 6) геосистемный

60. По И.П. Герасимову геоэкологический мониторинг:

- 1) осуществляет наблюдение за изменениями природных систем
- 2) осуществляет наблюдение за преобразованием природных систем в природно-технические комплексы
- 3) охватывает наблюдения за параметрами биосферы
- 4) осуществляет наблюдения за состоянием здоровья людей

61. Ингредиентный мониторинг – это:

- 1) мониторинг состава пищевых продуктов
- 2) мониторинг качества канализационных стоков
- 3) мониторинг биосферы
- 4) мониторинг различных загрязнителей

62. Категории источников воздействия и загрязнения окружающей среды:

- 1) точечные стационарные
- 2) точечные подвижные
- 3) пространственные
- 4) маргинальные
- 5) пограничные
- 6) территориальные

63. Примером стационарных точечных источников загрязнения может быть:

- 1) город
- 2) регион
- 3) агрофитоценоз
- 4) заводская труба
- 5) транспорт

64. По универсальному принципу выделяют следующие системы мониторинга:

- 1) глобальный
- 2) национальный
- 3) геофизический
- 4) мониторинг источников загрязнений
- 5) биологический
- 6) ингредиентный мониторинг
- 7) медико-биологический
- 8) экологический

65. По принципу реакции основных составляющих биосферы выделяют следующие системы мониторинга:

- 1) глобальный
- 2) национальный
- 3) геофизический
- 4) мониторинг источников загрязнений
- 5) биологический
- 6) ингредиентный мониторинг
- 7) медико-биологический
- 8) экологический

66. По факториальному принципу и источникам воздействия выделяют следующие системы мониторинга:

- 1) глобальный
- 2) национальный
- 3) геофизический
- 4) мониторинг источников загрязнений
- 5) биологический
- 6) ингредиентный мониторинг
- 7) медико-биологический
- 8) экологический

67. При системном подходе выделяют следующие системы мониторинга:

- 1) глобальный
- 2) климатический
- 3) геофизический
- 4) мониторинг источников загрязнений
- 5) биологический
- 6) ингредиентный мониторинг
- 7) медико-биологический
- 8) экологический

68. В программу фонового мониторинга должны входить следующие наблюдения:

- 1) охватывающие геофизические данные о состоянии среды
- 2) охватывающие физико-географические данные о состоянии среды
- 3) отражающие реакцию биоты на уровне отдельных популяций
- 4) охватывающие миграцию загрязняющих веществ

69. Оптимальная программа фоновых наблюдений атмосферы предусматривает измерение концентраций:

- 1) CO
- 2) NO
- 3) SO₂
- 4) CO₂
- 5) NO₂
- 6) O₃
- 7) Hg
- 8) Cl

70. Основные задачи экологического мониторинга в рамках глобальной системы:

- 1) оценка реакции наземных экосистем на антропоические воздействия
- 2) охват физико-географических данных о состоянии среды
- 3) оценка реакции биоты на уровне отдельных популяций
- 4) оценка миграции загрязняющих веществ
- 5) оценка критических проблем

71. При экологическом мониторинге:

- 1) обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов
- 2) обеспечивается оценка состояния и функциональной ценности экосистем
- 3) создаются условия для определения корректирующих воздействий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются

72. В систему мониторинга нужно включать блоки управления качеством природной среды:

- 1) да, это необходимо
- 2) да, но не обязательно
- 3) нет такой необходимости

73. Обязательные процедуры при экологическом мониторинге:

- 1) выделение объекта наблюдения
- 2) обследование выделенного объекта наблюдения
- 3) составление информационной модели для объекта наблюдения
- 4) планирование измерений
- 5) оценка состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели
- 6) прогнозирование измерения состояния объекта наблюдения
- 7) представление информации в удобной для пользователя форме и доведение ее до потребителя

74. Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию о:

- 1) состоянии окружающей среды
- 2) причинах наблюдаемых изменений
- 3) причинах вероятных изменений
- 4) допустимости изменений и нагрузок на среду в целом
- 5) существующих резервах биосферы

75. Информационный портрет экологической обстановки:

- 1) определяет характер обобщения экологической информации
- 2) определяет механизм обобщения экологической информации
- 3) является совокупностью графически предоставленных пространственно распределенных данных
- 4) характеризует экологическую обстановку на определенной территории
- 5) реализуется совместно с картоосновой местности

76. Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) под эгидой ООН была организована в:

- 1) 1971 г.
- 2) 1972 г.
- 3) 1973 г.
- 4) 1974 г.
- 5) 1975 г.

77. Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) состоит из подсистем:

- 1) изучение климатических изменений
- 2) изучение дальнего переноса загрязняющих среду веществ
- 3) изучение гигиенических аспектов среды
- 4) исследование Мирового океана
- 5) изучение ресурсов суши
- 6) изучение микробиологических аспектов среды
- 7) изучение санитарных аспектов среды

78. На сегодняшний день существуют станции глобального мониторинга в количестве: 1) 22 шт. 2) 25 шт. 3) 205 шт. 4) 255 шт. 5) 2525 шт.

79. При разработке проекта экологического мониторинга необходима следующая информация:

- 1) источники поступления загрязняющих веществ в окружающую среду
- 2) переносы загрязняющих веществ
- 3) процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ
- 4) данные о состоянии антропогенных источников эмиссии

80. При проведении экологического мониторинга источниками поступления загрязняющих веществ в природную среду являются:

- 1) сбросы сточных вод
- 2) места складирования промышленных отходов
- 3) места захоронения радиоактивных отходов
- 4) места техногенных аварий
- 5) биогеохимический круговорот
- 6) миграция веществ по почвенному профилю

81. При проведении экологического мониторинга процессами ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ являются:

- 1) сбросы сточных вод
- 2) места складирования промышленных отходов
- 3) места захоронения радиоактивных отходов
- 4) места техногенных аварий
- 5) биогеохимический круговорот
- 6) миграция веществ по почвенному профилю

82. Технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) охватывают:

- 1) разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценки и выработки рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, прогнозы ее эволюции
- 2) энерго-экологические и технологические характеристики производственной сферы
- 3) медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты

83. Структурными звеньями технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) являются:

- 1) измерительная система
- 2) информационная система
- 3) системы моделирования и оптимизации промышленных объектов
- 4) системы восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов
- 5) система принятия решений

84. Информационный блок технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) включает:

- 1) базы данных медико-биологической направленности
- 2) банки данных медико-биологической направленности
- 3) базы данных санитарно-гигиенической направленности
- 4) базы данных технико-экономической направленности
- 5) базы данных правовой направленности

85. Построение измерительного комплекса технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) основывается на:

- 1) использование точечного метода измерений
- 2) использование интегрального метода измерений

- 3) использование синтетического метода измерений
- 4) использование стационарных систем
- 5) использование мобильных систем

86. Региональная подсистема технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) предполагает работу с большими массивами разнообразной информации, включающими данные:

- 1) по структуре энергопроизводства и энергопотребления региона
- 2) гидрометеорологических измерений
- 3) по использованию синтетического метода измерений
- 4) о концентрациях вредных веществ в окружающей среде
- 5) по итогам картографирования и аэрокосмического зондирования
- 6) о результатах медико-биологических и социальных исследований

87. Единая государственная система экологического мониторинга обеспечивает:

- 1) формирование массива данных для составления экологических карт
- 2) разработки ГИС
- 3) моделирование экологических ситуаций в различных регионах
- 4) прогноз экологических ситуаций в различных регионах

88. Уровни реализации экологического мониторинга:

- 1) городской 2) уличный 3) территориальный 4) фоновый
- 5) региональный 6) государственный 7) импактный

89. Импактный уровень экологического мониторинга охватывает:

- 1) район местоположения отдельного крупного источника воздействия
- 2) район местоположения мощного источника воздействия
- 3) район расположения группы разных по мощности источников воздействия
- 4) территорию, где источники воздействия расположены относительно близко друг к другу и неравномерно распределены по территории
- 5) масштабы земного шара

90. Спутниковые системы в экологическом мониторинге:

- 1) являются дистанционными методами
- 2) не являются дистанционными методами
- 3) используют космические средства
- 4) не используют космические средства 5) реализуются с помощью космической съемки

91. Состояние биологических систем при осуществлении экологического мониторинга производится по следующим оценкам:

- 1) по продукции всех основных звеньев трофической цепи
- 2) по стабильности структуры и разнородности отдельных трофических уровней
- 3) по скорости протекания обмена веществ в экосистеме
- 4) по скорости расходования энергии в экосистеме
- 5) по изменениям репродуктивного цикла
- 6) по колебаниям общей численности популяций отдельных видов
- 7) по изменениям в возрастном и половом составе популяций

92. Состав климатической системы мониторинга:

- 1) атмосфера 2) криосфера 3) океан 4) поверхность суши 5) технические сооружения
- 6) биота 7) экономический потенциал

93. Всемирная служба погоды климатического мониторинга состоит из:

- 1) глобальной системы наблюдений 2) глобальной системы телесвязи
- 3) глобальной системы обработки данных 4) глобальной системы подслушивания

94. При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от климатических условий:

- 1) направления ветра 2) скорости ветра 3) условия переноса воздушных масс
- 4) распределения примесей в атмосфере 5) интенсивности солнечной радиации
- 6) количества атмосферных осадков 7) продолжительности атмосферных осадков

95. Высота приземного слоя атмосферы при проведении климатического мониторинга:

- 1) 1,5 м
- 2) 2,0 м
- 3) 2,5 м
- 4) 5,0 м
- 5) 10,0 м
- 6) 20,0 м
- 7) 50,0 м

96. Категории постов наблюдений при реализации мониторинга загрязнения атмосферы:

- 1) стационарные
- 2) маршрутные
- 3) трансектные
- 4) квадратно-гнездовые
- 5) диагональные
- 6) подфакельные

97. Количество необходимых постов наблюдения (стационарных и маршрутных) за состоянием атмосферы для г. Донецка:

- 1) 10
- 2) 20
- 3) 30
- 4) 100
- 5) 200
- 6) 300

98. Варианты программ мониторинга на стационарных постах:

- 1) полная
- 2) цельная
- 3) неполная
- 4) сокращенная
- 5) сжатая
- 6) суточная
- 7) недельная

99. Время отбора проб при полной программе наблюдения (по местному времени):

- 1) 1⁰⁰, 12⁰⁰, 18⁰⁰ часов
- 2) 1⁰⁰, 6⁰⁰, 12⁰⁰, 18⁰⁰ часов
- 3) 1⁰⁰, 7⁰⁰, 13⁰⁰, 19⁰⁰ часов

100. Принцип выбора приоритетных загрязнителей в мониторинге основан на использовании параметров потребления воздуха:

- 1) полного
- 2) цельного
- 3) реального
- 4) сокращенного
- 5) требуемого
- 6) суточного

101. Если численность жителей города более 100 тыс., в обязательный перечень контролируемых веществ входят:

- 1) формальдегиды
- 2) бенз(а)пирен
- 3) соединения свинца
- 4) растворимые сульфаты

102. В зависимости от целей различают виды мониторингового обследования:

- 1) эпизодическое
- 2) фрагментарное
- 3) комплексное
- 4) оперативное
- 5) компромиссное

103. Для проведения любого вида обследования необходимо ознакомиться с:

- 1) общей физико-географической характеристикой района
- 2) климатическими условиями распространения примесей в районе населенного пункта
- 3) основными источниками загрязнения воздуха
- 4) состоянием загрязнения природных сред

104. При эпизодическом обследовании изменения концентраций примеси под факелом проводятся не менее чем в трех точках на расстоянии:

- 1) 0,5; 1 и 3 км от границы санитарно-защитной зоны предприятия
- 2) 0,5; 1 и 2 км от границы санитарно-защитной зоны предприятия
- 3) 0,5; 2 и 5 км от границы санитарно-защитной зоны предприятия

105. Общее количество проб при подфакельном наблюдении на каждом условном расстоянии от предприятия должно быть не меньше:

- 1) 10
- 2) 20
- 3) 50
- 4) 100

106. Программа обследования должна включать следующие работы:

- 1) уточнение характеристик выбросов промышленных предприятий
- 2) изучения мезометеорологического режима
- 3) определение программы наблюдений
- 4) сбор медико-биологических сведений

107. В период обследования территории сеть стационарных постов расширяется до:

- 1) одного поста на 0,5-5 км
- 2) двух постов на 0,5-5 км
- 3) трех постов на 0,5-5 км
- 4) пяти постов на 0,5-5 км

108. Отбор проб при подфакельных наблюдениях проводится на расстояниях (км):

- 1) 1
- 2) 0,5
- 3) 2
- 4) 3
- 5) 6
- 6) 4
- 7) 8
- 8) 10

109. Для изучения особенностей загрязнения воздуха выбросами автотранспорта организуют специальные наблюдения, в результате которых определяют:

- 1) минимальное значение концентраций основных примесей
- 2) максимальное значение концентраций основных примесей
- 3) границы зон и характер распределения примесей по мере удаления от автомагистралей
- 4) особенности распространения примесей в жилых кварталах
- 5) особенности распределения транспортных потоков

110. К косвенным методам исследования уровня загрязнения атмосферы относятся:

- 1) отбор проб атмосферных осадков
- 2) определение максимального значения концентраций основных примесей
- 3) определение содержания вредных веществ в снеге
- 4) установление распространения примесей в жилых кварталах
- 5) определение содержания вредных веществ в почвах
- 6) определение содержания вредных веществ в растениях

111. В практике заводских лабораторий и научно-исследовательских организаций используют газоанализаторы:

- 1) механические
- 2) тепловые
- 3) магнитные
- 4) электрические
- 5) оптические
- 6) хроматографические
- 7) масс-спектральные

112. Для анализа сточных вод применяют методы:

- 1) физические
- 2) тепловые
- 3) магнитные
- 4) физико-химические
- 5) оптические
- 6) бактериологические

113. При обследовании очистных сооружений необходимо:

- 1) иметь общую физико-географическую характеристику района
- 2) изучить проектные данные и технологическую схему
- 3) оценить эффективность работы лаборатории
- 4) проверить соблюдение регламентов на эксплуатацию оборудования
- 5) установить соответствие эксплуатируемых очистных сооружений проектным решениям

114. Объем воды, необходимый для полного анализа равен:

- 1) 1 л 2) 2 л 3) 5 л 4) 10 л 5) 101 л.

115. Основные принципы почвенного мониторинга:

- 1) разработка методов контроля наиболее уязвимых свойств почв
- 2) постоянный контроль важнейших показателей почвенного плодородия
- 3) ранняя диагностика негативных изменений свойств почвы
- 4) разработка методов контроля сезонной динамики почвенных процессов
- 5) анализ температурного режима почв
- 6) контроль механического состава почв

116. При почвенном мониторинге, в отличие от мониторинга атмосферы и гидросферы, особенно важным является:

- 1) разработка методов контроля наиболее уязвимых свойств
- 2) установление приоритетных загрязнителей
- 3) ранняя диагностика негативных изменений
- 4) анализ температурного режима

117. Важными показателями почвенного мониторинга являются:

- 1) динамика содержания гумуса
- 2) кислотно-основные свойства
- 3) вторичное засоление
- 4) осолонцевание
- 5) фитотоксичность
- 6) температурный режим
- 7) цвет

118. При контроле загрязнения почв нефтепродуктами решаются основные задачи:

- 1) определение масштаба загрязнения
- 2) определение динамики загрязнения
- 3) оценка степени загрязнения
- 4) выяснение наличия токсичных соединений
- 5) выяснение наличия канцерогенных соединений

119. При атомно-абсорбционном определении свинца используют аналитическую линию (нм):

- 1) 248,3 2) 553,5 3) 217,0 4) 309,3 5) 240,7

120. Направления работы региональных систем экологического мониторинга:

- 1) оперативно-технологический мониторинг
- 2) статистический мониторинг
- 3) динамический мониторинг
- 4) проблемный мониторинг
- 5) аудиовидеомониторинг
- 6) социологический мониторинг
- 7) научно-публицистический мониторинг

121. В "Положении о государственном мониторинге окружающей среды" определены главные этапы создания этой системы:

- 1) инвентаризация действующих ведомственных сетей
- 2) оптимизация действующих ведомственных сетей
- 3) унификация методик наблюдений
- 4) создание региональных центров обработки информации
- 5) создание национальных центров обработки информации

122. В "Положении о государственном мониторинге окружающей среды" определены главные этапы создания этой системы:

- 1) инвентаризация действующих ведомственных сетей
- 2) оптимизация действующих ведомственных сетей

- 3) унификация методик наблюдений
- 4) создание региональных центров обработки информации
- 5) создание национальных центров обработки информации

123. Земельным кодексом предусмотрено проведение мониторинга почвенного покрова как основы практических мероприятий по экологическому оздоровлению почв:

- 1) поддержание способности почв к регуляции циклов биосферных элементов
- 2) анализ детоксикационных свойств почв
- 3) контроль негативных процессов развития почвообразования
- 4) улучшение плодородия почв
- 5) разработка критериев оценки современного состояния почвенного покрова

125. Чтобы растение-индикатор использовалось как монитор, используют процедуры:

- 1) делают гербарий
- 2) взвешивают растение, фотографируют в период цветения
- 3) сопоставляют данные о повреждении растения с загрязнением территории
- 4) используют растение как живой коллектор
- 5) измеряют количество веществ в растении и в среде
- 6) используют анализ метаболитов в растительном организме

126. Условия использования растений в качестве биомониторов:

- 1) наличие у растения реакции на действие фактора
- 2) выбор растений, нетребовательных к условиям произрастания
- 3) выбор растений, малоповреждаемых фитопатогенами
- 4) выбор растений, переносящих значительные механические повреждения

127. Условия достоверности результатов биомониторинга:

- 1) правильный выбор растительной пробы
- 2) правильная подготовка фито-образца к анализу
- 3) правильное проведение аналитического метода
- 4) наличие контрольного и опытного образца

128. Стандартный мониторинг окружающей среды – это:

- 1) общий мониторинг
- 2) оптимальный по количеству параметров
- 3) информативный по лимитирующим факторам
- 4) используемый для прогноза состояния среды
- 5) используемый для принятия управленческих решений
- 6) региональный мониторинг

129. На современном этапе функционируют 40 000 климатологических станций и дождемерные станции в количестве:

- 1) 120 000
- 2) 20 000
- 3) 140 000
- 4) 40 000

130. Глобальную систему наблюдений формируют две подсистемы:

- 1) биосферная и ноосферная
- 2) надземная и подземная
- 3) наземная и спутниковая
- 4) океаническая и сухопутная
- 5) спутниковая и стационарная

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

ТЕМА «Научные основы экологического мониторинга»

1. Определение экологического мониторинга и его задачи.
2. Общая характеристика состояния окружающей природной среды и экосистем. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения, животного и растительного мира, геоморфологического состояния территории.
3. Нормирование в экологическом мониторинге. Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности, принятые в ГМОС.

Понятия: экологический мониторинг, нормирование в экологическом мониторинге; геофизический, геохимический, индикационный метод наземных исследований.

ТЕМА «Приоритетные контролируемые параметры природной среды и рекомендуемые методы»

1. Прозрачность атмосферы. Двуокись серы. Озон. Окислы азота, аммиак. Взвешенные в атмосферном воздухе частицы. Аэрозоли. Углекислый газ.
2. Тяжелые металлы и другие элементы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть).
3. Полихлорбифенилы, пестициды и галлогенуглероды.
4. Концентрация водородных ионов. Сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты. Кальций, калий, натрий, магний и другие металлы.
5. Электропроводность. Кислотность. Электрические и магнитные поля.
6. Радиоактивные загрязнения. Микроорганизмы.
7. Методы мониторинга окружающей среды: физические, химические, математические (статистические).

Понятия: приоритетные контролируемые параметры природной среды, методы мониторинга окружающей среды: физические, химические, математические (статистические).

ТЕМА «Виды мониторинга и пути его реализации»

1. Организация и структура мониторинга окружающей среды. Классификация экологического мониторинга.
2. Виды экологического мониторинга: глобальный, региональный, национальный, локальный, медико-биологический, радиационный, ингредиентный.
3. Мониторинг источников воздействия: точечных стационарных, точечных подвижных, площадных и др.
4. Мониторинг природных сред: воздушной, водной, почв.
5. Мониторинг природных факторов воздействия.
6. Глобальная система мониторинга окружающей среды.
7. Дистанционные и контактные методы. Средства реализации мониторинга: стационарные станции, передвижные посты, аэрокосмические системы, автоматизированные системы.
8. Международное сотрудничество в решении проблем оценки глобальных и региональных трансграничных воздействий на окружающую среду. Панъевропейские системы экологического мониторинга: Европейская программа мониторинга переноса воздушных загрязнений, Программа лесного мониторинга, Программа интегрального мониторинга.
9. Компоненты системы экологического мониторинга. Разработка программы мониторинга: цели и задачи, выбор приоритетных объектов наблюдения и определяемых параметров, предварительный анализ ситуации, расположение постов наблюдения, обратная связь. Выбор оборудования и методов анализа. Проведение измерений: качественные и полуколичественные методы. Отбор и подготовка проб. Документирование результатов. Интерпретация результатов: требования,

предъявляемые к аналитическим данным. Прогнозирование. Представление и использование информации.

Понятия: экологический мониторинг, глобальный, региональный, национальный, локальный, медико-биологический, радиационный, интегральный экологический мониторинг; мониторинг природный сред, компоненты системы экологического мониторинга, программа экологического мониторинга, прогнозирование.

ТЕМА «Фоновый мониторинг за содержанием загрязняющих веществ в природных средах»

1. Фоновое загрязнение окружающей среды. Типовая программа наблюдений.
2. Рекомендации по выбору места размещения станции комплексного фонового мониторинга. Формы представления данных. Банки данных.

Понятия: фоновый мониторинг, фоновое загрязнение окружающей среды.

ТЕМА «Всемирная метеорологическая организация и международный мониторинг. Мониторинг загрязнения биосферы»

1. Международный мониторинг загрязнения биосферы. Всемирная метеорологическая организация (ВМО).
2. Биосферные заповедники и фоновый экологический мониторинг.
3. Мониторинг здоровья среды на особо охраняемых природных территориях.

Понятия: международный мониторинг загрязнения биосферы, биосфера, всемирная метеорологическая станция, базовые станции.

ТЕМА «Мониторинг природных сред»

1. **Мониторинг воздушной среды.** Критерии санитарно-гигиенической оценки состояния воздуха. Организация наблюдений и контроля загрязнения атмосферного воздуха. Автоматизированная система наблюдений и контроля окружающей среды. Математическое моделирование процессов рассеяния вредных веществ в атмосферном воздухе. Прогноз загрязнения атмосферы. Оптимизация сети наблюдений и контроля загрязнения атмосферного воздуха.
2. **Экологический мониторинг поверхностных водных объектов.** Основные задачи и структура государственного экологического мониторинга поверхностных вод. Организация сети пунктов наблюдений за поверхностными водными объектами. Виды программ наблюдений за качеством поверхностных вод. Автоматизированный контроль качества природных и сточных вод.
3. **Мониторинг месторождения и участков водозаборов питьевых подземных вод.** Цель, задачи, структура и уровни. Общая характеристика месторождений подземных вод и факторов, определяющих их состояние в процессе эксплуатации.
4. **Мониторинг лесных ресурсов.** Цель и структура программы мониторинга. Проектирование биоиндикаторной сети. Приоритетные исследуемые параметры и объекты исследования в лесных экосистемах. Мониторинг неблагоприятных явлений. Малонарушенные лесные территории: экологический мониторинг, использование АКМ.
5. **Мониторинг земельных ресурсов.** Понятие, задачи, уровни организации. Виды наблюдений при ведении мониторинга земель: базовые, оперативные, периодические, ретроспективные. Подсистемы мониторинга земель в соответствии с категориями земель. Объекты и процессы оценки и прогноза при мониторинге земель.
6. **Мониторинг минерально-сырьевых ресурсов.** Понятие, цели, объекты, уровни организации. Государственный мониторинг состояния недр.
7. **Мониторинг биологических ресурсов.** Мониторинг биоразнообразия: понятие, цели, задачи. Компоненты мониторинга биоразнообразия. Уровни организации мониторинга биоразнообразия в соответствие с биосистемами. Методические

подходы к реализации мониторинга биологических ресурсов. Мониторинг растительности: понятие, задачи. Мониторинг объектов животного мира: понятие, структура программы.

8. **Мониторинг рыбных ресурсов.** понятие, задачи. Методы оценки запасов и научно-промысловая разведка. Основные контролируемые параметры. Практическое применение результатов мониторинга.

Понятия: экологический мониторинг воздушной среды, экологический мониторинг поверхностных водных объектов, мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод, мониторинг лесных ресурсов, автоматизированная система наблюдений и контроля окружающей среды, биоиндикационная сеть.

ТЕМА «Биологический мониторинг»

1. Понятие о биоиндикаторах. Классификация биоиндикаторов.
2. Роль оценки среды. Приоритетность биологической оценки. Требования к современным методам контроля среды. Необходимость новой системы оценки здоровья в общей системе мониторинга.
3. Методология оценки здоровья среды. Оценка здоровья экосистемы, популяции, особи. Гомеостаз – главная мишень здоровья среды. Основные подходы. Адекватность современным требованиям и задачам мониторинга.

Понятия: биоиндикаторы, биологическая оценка, гомеостаз.

ТЕМА «Медико-экологический мониторинг»

1. Медико-экологический мониторинг: цели и задачи программы. Концепция. Методы медико-экологических исследований. Практика применения.
2. Санитарно-гигиенический мониторинг: цели, задачи, концепция.

Понятия: медико-экологический мониторинг, методы медико-экологического исследований, санитарно-гигиенический мониторинг.

ТЕМА «Региональный экологический мониторинг»

1. Организация регионального мониторинга и его задачи.
2. Примеры организации региональных систем мониторинга.

Понятия: региональный экологический мониторинг.

ТЕМА «Локальный экологический мониторинг»

1. Организация локального мониторинга и его задачи.
2. Специфика экологического мониторинга промышленного предприятия, городской среды, ООПТ.

Понятия: локальный экологический мониторинг, мониторинг промышленного предприятия, мониторинг городской среды, мониторинг ООПТ.

ТЕМА «Аэрокосмический мониторинг»

1. Задачи аэрокосмического мониторинга (АКМ). Продолжительность функционирования систем АКМ. Способы выявления изменений при АКМ. Требования к материалам аэрокосмических съемок для целей АКМ.
2. Примеры АКМ разных уровней: состояние растительности, состояние почв, животного мира, структуры, динамики экосистем биосферных станций.

Понятия: аэрокосмический мониторинг.

ТЕМА «Экологическое моделирование и прогнозирование»

1. Математические модели переноса вещества и прогнозирование экологической обстановки.
2. Использование результатов экологического мониторинга.

3. Перспективы развития мониторинга окружающей среды.
 Понятия: экологическое моделирование, экологическое прогнозирование.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНО-САМОПОДГОТОВКИ ПО ТЕМАМ КУРСА

1. Заполните таблицу «Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности» (принятая в системе ГСМОС).

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы (уровень мониторинга)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

2. Перечислите приоритетные загрязнители атмосферы.
3. Приоритетные загрязнители почв. Источники поступления.
4. Методы определения запыленности воздуха.
5. Какие методы применяются для определения количественных характеристик загрязнителей воздуха?
6. Возможно ли определение содержания загрязнителей воздуха в режиме on-line? Если да, то для каких загрязнителей? Какие методы позволяют проводить подобный анализ?
7. Каким образом происходит определение разовой концентрации оксида азота (IV) в воздухе?
8. Перечислите основные средства контроля воздушной среды.
9. Назовите основные методы контроля загрязнения почв.
10. Назовите основные загрязнители водной среды. Какие из них представляют наибольшую опасность для окружающей среды?
11. Приведите примеры источников антропогенного воздействия: стационарных, передвижных, точечных, площадных.
12. МИАВ: понятие.
13. Какие задачи решает МИАВ?
14. В чем специфика организации наблюдений источниками антропогенного воздействия на каждом из объектов?
15. Заполните таблицу «Мониторинг опасных природных явлений»

Наименование опасного природного явления	Наблюдаемые и контролируемые параметры	Способы и средства наблюдения	Режим мониторинга	Прогнозируемые параметры

16. Мониторинг малонарушенных лесных территорий: цели исследования.
17. Назовите основные области применения данных наземного мониторинга малонарушенных лесных территорий.
18. В чем заключаются возможности, основные направления, перспективы применения данных экологического мониторинга для целей научно-практических проектов.
19. В чем заключается специфика экологического мониторинга земель? Мониторинг земельных ресурсов: основные контролируемые параметры.
20. Какие принципы лежат в основе почвенного мониторинга?
21. Объекты оценки и прогнозирования по результатам земельного мониторинга. Процессы, выявленные при ведении земельного мониторинга.
22. Основные отличия видов наблюдений мониторинга.

23. Мониторинга биоразнообразия. Специфика мониторинга биоразнообразия в зависимости от уровня организации биосферы.
24. Контролируемые параметры при проведении мониторинга биоресурсов.
25. Мониторинг как инструмент управления биоразнообразием.
26. Мониторинг растительности и мониторинг объектов животного мира: сходства и различия.
27. Возможность решения каких задач определяет значимость развития системы мониторинга здоровья среды на ООПТ?
28. Основные направления при решении вопроса об организации биомониторинга?
29. Назовите приоритетные вопросы для научно-исследовательских работ на ООПТ.
30. Для чего нужна информация, получаемая при мониторинге здоровья среды.

ПЛАН ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОТЧЕТНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСАМ

«Экологический мониторинг», «Геоэкология»

1. Выберите конкретный (территориально ограниченный) природный объект, желательно имеющий биологическую и (или) научную ценность.
2. Соберите об этом объекте максимально большое количество документально зафиксированного материала.
3. Выберите приоритетные виды деятельности на этой территории, основные ценности и отличительные характеристики этой местности.
4. Опишите виды мониторинговых исследований на этой территории, какие проводятся и какие должны проводиться.
5. Отдельно выделите виды биоэкологического и технического; активного и пассивного; необходимого и непрерывного мониторингов. Обоснуйте необходимость использования именно этих видов мониторинговых исследований.
6. По накопленным данным проанализируйте устойчивые тенденции изменения приоритетных факторов или характеристик и спрогнозируйте будущие трансформации этих показателей.
7. Как часто и каким образом необходимо пополнять мониторинговую информационную базу в Вашем конкретном случае. Как и где должны быть локализованы точки отбора проб по принципиально различным показателям.
8. Составьте свою рабочую схему функционирования системы мониторинга.
9. Согласно методическим пособиям составьте программу обследования территории.
10. Проведите ландшафтно-эстетическую оценку данной территории. Подготовьте научное обоснование для анализа ландшафта. Выберите и проанализируйте ландшафт по географо-эстетическим критериям. Результаты оформите в виде предложенных шаблонных схем.
11. Проведите экологическую оценку техногенного (- антропогенного) влияния на состояние геохимической активности ландшафта.
12. Предложите свои методы стабилизации возможного или реально существующего дисбаланса в геосистеме, предварительно составив максимально развернутую схему функционирования геосистемы своего конкретного объекта.
13. Какие составляющие объекта исследований нуждаются в сохранении, охране или возобновлении? Какие пути реализации этого.
14. Составьте экологический паспорт природоохранных объектов.
15. Конструктивные предложения.
16. Оригинальные выводы.

** работу иллюстрируйте схемами, таблицами и пр.*

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. При проведении экологического мониторинга процессами ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ являются:

- 1) сбросы сточных вод
- 2) места складирования промышленных отходов
- 3) места захоронения радиоактивных отходов
- 4) места техногенных аварий
- 5) биогеохимический круговорот
- 6) миграция веществ по почвенному профилю

2. Технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) охватывают:

- 1) разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценки и выработки рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, прогнозы ее эволюции
- 2) энерго-экологические и технологические характеристики производственной сферы
- 3) медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты

3. Структурными звеньями технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) являются:

- 1) измерительная система
- 2) информационная система
- 3) системы моделирования и оптимизации промышленных объектов
- 4) системы восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов
- 5) система принятия решений

4. Информационный блок технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) включает:

- 1) базы данных медико-биологической направленности
- 2) банки данных медико-биологической направленности
- 3) базы данных санитарно-гигиенической направленности
- 4) базы данных технико-экономической направленности
- 5) базы данных правовой направленности

5. Построение измерительного комплекса технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) основывается на:

- 1) использование точечного метода измерений
- 2) использование интегрального метода измерений
- 3) использование синтетического метода измерений
- 4) использование стационарных систем
- 5) использование мобильных систем

6. Состояние биологических систем при осуществлении экологического мониторинга производится по следующим оценкам:

- 1) _____
- 7) _____

7. Состав климатической системы мониторинга:

- 1) _____
- 5) _____

8. Всемирная служба погоды климатического мониторинга состоит из:

- 1) _____
- 3) _____

9. При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от климатических условий:

- 1) _____
- 7) _____

10. Высота приземного слоя атмосферы при проведении климатического мониторинга

- 1) _____

11. С 1972 г. общегосударственная служба наблюдений и контроля (в СССР) выполняла такие задачи:

- 1) _____
- 4) _____

12. Мониторинг окружающей природной среды осуществляют:

- 1) _____
- 7) _____

13. Государственный комитет водного хозяйства осуществляет мониторинг:

- 1) _____
- 3) _____

14. Государственный комитет земельных ресурсов осуществляет мониторинг:

- 1) _____
- 7) _____

1. Региональная подсистема технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) предполагает работу с большими массивами разнообразной информации, включающими данные:

- 1) по структуре энергопроизводства и энергопотребления региона
- 2) гидрометеорологических измерений
- 3) по использованию синтетического метода измерений
- 4) о концентрациях вредных веществ в окружающей среде
- 5) по итогам картографирования и аэрокосмического зондирования
- 6) о результатах медико-биологических и социальных исследований

2. Единая государственная система экологического мониторинга обеспечивает:

- 1) формирование массива данных для составления экологических карт
- 2) разработки ГИС
- 3) моделирование экологических ситуаций в различных регионах
- 4) прогноз экологических ситуаций в различных регионах

3. Уровни реализации экологического мониторинга:

- 1) городской 2) уличный 3) территориальный
- 4) фоновый 5) региональный 6) государственный 7) импактный

4. Импактный уровень экологического мониторинга охватывает:

- 1) район местоположения отдельного крупного источника воздействия

- 2) район местоположения мощного источника воздействия
- 3) район расположения группы разных по мощности источников воздействия
- 4) территорию, где источники воздействия расположены относительно близко друг к другу и неравномерно распределены по территории
- 5) масштабы земного шара

5. Спутниковые системы в экологическом мониторинге:

- 1) являются дистанционными методами
 - 2) не являются дистанционными методами
 - 3) используют космические средства
 - 4) не используют космические средства
 - 5) реализуются с помощью космической съемки
-

6. Если численность жителей города более 100 тыс., в обязательный перечень контролируемых веществ входят:

- 1) _____
- 4) _____

7. В зависимости от целей различают виды мониторингового обследования:

- 1) _____
- 3) _____

8. Для проведения любого вида обследования необходимо ознакомиться с:

- 1) _____
- 4) _____

9. При эпизодическом обследовании изменения концентраций примеси под факелом проводятся не менее чем в трех точках на расстоянии:

- 1) _____

10. Общее количество проб при подфакельном наблюдении на каждом условном расстоянии от предприятия должно быть не меньше:

- 1) _____

11. Схема определения места мониторинга в системе управления состоянием природной среды состоит из блоков:

- 1) _____
- 6) _____

12. Блок "управления" в системе мониторинга – это:

- 1) _____

13. На схеме определения места мониторинга в системе управления состоянием природной среды условно совмещены:

- 1) _____
- 2) _____

14. Согласно структуре компонентов системы мониторинга наблюдения за состоянием природной среды должны включать:

- 1) _____
- 3) _____

15. Природные среды в структуре компонентов системы мониторинга:

- 1) _____
- 5) _____

ВАРИАНТЫ МОДУЛЬНЫХ КОНТРОЛЕЙ

Вар. 1.

- Какие сферы человеческих интересов затронуты при проведении мониторинга окружающей среды?
- Методы получения первичной информации в мониторинге.
- Роль Комитета экополитики и природных ресурсов в осуществлении мониторинговых исследований.
- Полевые наблюдения – метод мониторинговых исследований.

** Предложите свою классификацию биологического мониторинга.*

Принципы, уровни, примеры.

** Сравнительный анализ общих задач мониторинговых исследований и задач мониторинга как науки. Докажите.*

Вар. 2.

- Возникновение насущной необходимости в наличии детальной информации о состоянии биосферы.
- Методы получения вторичной информации в мониторинге.
- Роль Научного комитета в осуществлении мониторинговых исследований.
- Экспериментальные исследования – метод мониторинга.

** (см. вариант 1 здесь и далее)*

Вар. 3.

- Как можно охарактеризовать антропогенные факторы в отличие от природных?
- Общие задачи мониторинговых исследований.
- Роль Министерства охраны здоровья в осуществлении мониторинговых исследований
- Математическое моделирование – метод мониторинговых исследований.

Вар. 4.

- Суть мониторинга.
- Связь работ Гиппократов с мониторингом окружающей среды.
- Роль Министерства сельского хозяйства в осуществлении мониторинговых исследований.
- Экологический мониторинг на разных уровнях воздействия.

Вар. 5.

- Сравнительный анализ природных и антропогенных факторов. Примеры.
- Связь работ Аристотеля с мониторингом окружающей среды.
- Роль Министерства лесного хозяйства в осуществлении мониторинговых исследований.
- Импактный уровень мониторинга.

Вар. 6.

- Сущность мониторинговых исследований.
- Связь работ Теофраста с мониторингом окружающей среды.

- Роль Государственного комитета гидрометеослужбы в осуществлении мониторинговых исследований
- Региональный уровень мониторинга.

Вар. 7.

- Охарактеризуйте международный стандарт (СТ ISO 4225-80).
- Связь работ Ю.А. Израэля с мониторингом окружающей среды.
- Роль Государственного комитета водного хозяйства в осуществлении мониторинговых исследований
- Фоновый уровень мониторинга.

Вар. 8.

- Для дифференциации с каким термином был предложен термин "мониторинг". Почему?
- Связь работ И.П. Герасимова с мониторингом окружающей среды.
- Роль Государственного комитета геологии в осуществлении мониторинговых исследований.
- Использование спутниковых систем в экологическом мониторинге.

Вар. 9.

- Чем "оценивание" отличается от "оценки"?
- Связь работ М. Голубца с мониторингом окружающей среды.
- Роль Государственного комитета геологии в осуществлении мониторинговых исследований.
- Общие основы биоиндикации.

Вар. 10.

- Чем "контролирование" отличается от "контроля"?
- Связь работ Р. Мунна с мониторингом окружающей среды.
- Роль Государственного комитета земельных ресурсов в осуществлении мониторинговых исследований.
- Экологические основы биоиндикации.

Вар. 11.

- Чем "загрязнение" отличается от "загрязненности"?
- Работа научного комитета по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов в сфере мониторинга.
- Роль Государственного жилищного коммунального хозяйства в осуществлении мониторинговых исследований.
- Использование эврибионтов в мониторинге окружающей среды.

Вар. 12.

- Современное определение понятия "мониторинг".
- Основные положения концепции Р. Мунна.
- Главными принципами, на основе которых организовывается наблюдение за окружающей средой, являются:...
- Использование стенобионтов в мониторинге окружающей среды.

Вар. 13.

- Согласно международному стандарту (СТ ISO 4225-80) мониторинг – это...
- Издание "Справочника по экологическому мониторингу"...
- Состояние атмосферного воздуха отслеживают: ...
- Закон минимума в экологическом мониторинге.

Вар. 14.

- Для управления состоянием окружающей среды необходимо...
- Природно-научные исследования в области мониторинга предполагают: ...
- Значение Государственной системы мониторинга окружающей среды.
- Закон напряженности фактора в экологическом мониторинге.

Вар. 15.

- Почему система мониторинга антропогенных изменений природной среды не является какой-то принципиально новой системой?
- Организация мониторинга окружающей среды в странах Европы.
- Классификация систем мониторинга.
- Стандарты для сравнения при биоиндикации антропогенных или испытанных антропогенное воздействие факторов среды

Вар. 16.

- Мониторинг включает следующие основные направления деятельности:...
- Наблюдения за состоянием окружающей природной среды для геофизических явлений.
- Геофизический мониторинг.
- Абсолютные стандарты сравнения при биоиндикации антропогенных или испытанных антропогенное воздействие факторов среды.

Вар. 17.

- Смысловой диссонанс национального и глобального мониторинга.
- Наблюдения за состоянием окружающей природной среды для химических явлений.
- Биологический мониторинг.
- Относительные стандарты сравнения при биоиндикации антропогенных или испытанных антропогенное воздействие факторов среды.

Вар. 18.

- Задачи мониторинга как науки.
- Наблюдения за состоянием окружающей природной среды для физико-географических явлений.
- Экологический мониторинг.
- Специфическая биоиндикация.

Вар. 19.

- Отличия глобального мониторинга от национального.
- Наблюдения за состоянием окружающей природной среды для геохимических явлений.

- Биоэкологический мониторинг.
- Неспецифическая биоиндикация.

Вар. 20.

- Цель мониторинга окружающей среды.
- Наблюдение за состоянием биотической составляющей биосферы. Примеры.
- Геоэкологический мониторинг.
- Биологические методы количественного анализа концентрации химических элементов в окружающей среде.

Вар. 21.

- Объект мониторинга окружающей среды.
- Основной прикладной целью мониторинга является - ...
- Биосферный мониторинг.
- Спутниковые системы в экологическом мониторинге.

Вар. 22.

- Предмет мониторинга окружающей среды.
- Где и когда был принят акт о создании Консультативной комиссии по вопросам международной охраны природы?
- Мониторинг различных сред.
- Типы чувствительности индикаторов.

Вар. 23.

- В зависимости от чего выделяют объект мониторинга?
- Где и когда была принята резолюция о создании Консультативной комиссии по вопросам охраны среды?
- Фоновый мониторинг.
- Физико-химические методы количественного анализа концентрации химических элементов в окружающей среде.

Вар. 24.

- Общенаучные методы мониторинга окружающей среды.
- Общегосударственная служба наблюдений и контроля в бывшем СССР выполняла такие задачи:
- Концепция экологического мониторинга.
- Электроннохимические методы анализа окружающей среды.

Вар. 25.

- Чем "взаимосвязи" отличаются от "взаимовлияния"?
- На современном этапе мониторинг окружающей природной среды Украины в соответствии с "Положением о государственном мониторинге окружающей природной среды" осуществляют: ...
- Выбор показателей-индикаторов изменений в экосистемах.
- Физические методы количественного анализа концентрации химических элементов в окружающей среде.

Определите правильность суждений

1. *Природные процессы в отличие от антропогенных изменяются медленно, часто имеют циклический характер.*
2. *Изменение климата – эффект влияния человека на природные системы.*
3. *Прямой нагрев биосферы – геофизическое последствие антропогенного прессинга.*
4. *Деградация почв и опустынивание является фактором антропогенного воздействия.*
5. *Изменения криосферы относится к изменениям свойств основных элементов биосферы.*
6. *Мониторинг – система единичных комплексных наблюдений множества элементов окружающей среды.*
7. *В систему мониторинга необходимо включать блоки управления качеством природной среды.*
8. *Совокупность подразделения мониторинга, в котором речь идет об управлении, представлена регулированием качества среды.*
9. *Направленность прогноза не может определить структуру и состав сети наблюдений.*
10. *Согласно "универсальной схеме" информационная система определяет мониторинг в целом.*
11. *Согласно "универсальной схеме" прогноз состояния прямо определен регулированием качества среды.*
12. *Антропогенное воздействие во многом определяет состояние биосферы.*
13. *Экономические возможности и научно-технические разработки составляют систему мониторинга и лишь косвенно влияют на систему управления.*
14. *Согласно структурным компонентам системы мониторинга факторы воздействия бывают химическими, физическими и биологическими.*
15. *Геофизический мониторинг включает все природные среды кроме биоты.*
16. *Глобальный мониторинг является наиболее универсальным, т.к. включает все компоненты Земного шара.*
17. *Геофизический мониторинг не отслеживает элементы неживой составляющей биосферы.*
18. *Состояние здоровья человека – элемент биологического мониторинга.*
19. *Состояние здоровья человека – элемент экологического мониторинга.*
20. *По методам наблюдений мониторинг может быть: медико-биологический, климатический, геоэкологический и биосферный.*

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Исторические предпосылки и обоснование появления понятия "мониторинг" в экологических исследованиях.
2. Развитие систем наблюдений в области экологического мониторинга.
3. Классификации мониторинговых исследований: уровни, типы, классы. Примеры реализации.
4. Организация экологического мониторинга в ДНР и за рубежом.
5. Основные задачи системы мониторинга. Блок-схема системы мониторинговых исследований.
6. Функциональная роль и место мониторинга в системе управление состоянием природной среды.
7. Классификация систем экологического мониторинга. Примеры для разных методов.
8. Организация пунктов наблюдений в системе МОС. Уровни ответственности и реализации МОС.
9. Функции системы мониторинга окружающей среды.
10. МОС природно-антропогенных геосистем.
11. Объекты и субъекты экологического мониторинга.
12. Понятие информационных систем. Роль информации в МОС.
13. Кодирование экологической информации, создание банков данных в МОС.

14. Аэрокосмический экологический мониторинг. Уровни и характеристики оценки.
15. Примеры дистанционного оценивания состояния среды в системе МОС.
16. Мониторинг геологической среды. Принципы реализации, методика, примеры.
17. Статическая и динамическая модели экологического мониторинга.
18. Прогноз и управление состоянием геологической среды.
19. Экологический мониторинг почв. Задачи экологического мониторинга почв.
20. Организация экологического мониторинга почв.
21. Экологический мониторинг почв вследствие влияния сельскохозяйственных и промышленных объектов.
22. Экологический мониторинг гидросферы. Мировые проблемы пресной воды.
23. Водопользование и контроль за экологическим состоянием поверхностных вод. Международные программы.
24. Принципы локализации пунктов наблюдений за состояние поверхностных вод. Методы анализа.
25. Определение и специфика источников загрязнения поверхностных вод.
26. Экологический мониторинг подземных вод.
27. Экологический мониторинг атмосферы.
28. Источники загрязнений атмосферы, типы постов наблюдения.
29. Экологический мониторинг техносферы. Паспортизация предприятий в системе МОС.
30. Организация МОС в рамках работы техногенных объектов.
31. Биосферный экологический мониторинг.
32. Организация биолого-геохимического мониторинга.
33. Метод биоиндикации в системе экологического мониторинга.
34. Биомониторинг загрязнения растений с помощью растений.
35. Биомониторинг почв и водных ресурсов. Примеры.
36. Радиоэкологический мониторинг. Источники и специфика радиоактивного загрязнения.
37. Мониторинг районов атомных электростанций.
38. Методы радиационного контроля.
39. Фоновый мониторинг. Эндогенные процессы.
40. МОС на территориях природно-заповедного фонда Европы.
41. Формирование модели геологической среды и выбор территории для организации мониторинга.
42. МОС экологического состояния почв в зоне влияния техногенных объектов.
43. Проектирование сети гидроэкологических пунктов МОС в границах бассейна реки.
44. Методы математического прогноза экологического состояния при мониторинге окружающей среды.
45. Проектирование сети пунктов наблюдений за экологическими показателями атмосферы.
46. Общая характеристика ГИС в системе МОС.
47. Примеры практического использования локального мониторинга.
48. Система государственного мониторинга в ДНР.
49. Специфика и формы реализации общественного экологического мониторинга.
50. Реализация системы глобального экологического мониторинга. Биосферный мониторинг.

Рекомендованная литература (в библиотеке ДонНУ)

Основная

- Экологический мониторинг. Учебник (издание второе, дополненное) / составитель А. И. Сафонов. – Донецк: ДонНУ, 2019. – 478 с.
- Геоэкология. Учебник (для бакалавров направления подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование) / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина. – Издание второе. – Донецк: ДонНУ, 2020. – 463 с.
- Охрана природы. Экологические программы Донбасса: учебное пособие / составитель А. И. Сафонов; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра ботаники и экологии. - Донецк: ДонНУ, 2019. - 154 с.
- Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды: учебник / ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра ботаники и экологии; составитель А. И. Сафонов. - Донецк : ДонНУ, 2019. - 427 с.
- Современные вопросы экологии: учебник / составитель А. И. Сафонов; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра ботаники и экологии. - Донецк: ГОУ ВПО "ДонНУ", 2019. - 442 с.

Дополнительная (в библиотеке ДонНУ)

- Биологический контроль окружающей среды : биоиндикация и биотестирование / [О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева и др.] ; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Сарапульцевой. - 3-е изд. - Москва : Academia, 2016. - 288 с.
- Экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие для преподавателей, студентов, учащихся / Под ред. Т. Я. Ашихминой. - Изд. 3-е. - М. : Академ. Проект; Киров : Константа, 2006. - 415 с.
- Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей : учеб. пособие для студентов вузов / В. Н. Майстренко, Н. А. Клюев. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 322 с.
- Скоробогатова, Н. В. Мониторинг социально-экономического развития региона: [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / Н. В. Скоробогатова; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2016. - электронные данные
- Мониторинг и методы контроля окружающей среды : учеб. пособие для студентов, обучающихся по экол. специальностям / под. общ. и науч. ред. Ю.А. Афанасьева, С.А. Фомина ; Междунар. независимый эколог.-политолог. ун-т. - Москва : МНЭПУ, 2016. – 450 с.

Дополнительная (на кафедре ботаники и экологии ДонНУ)

- Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. - Л.: Химия, 1985. - 528 с.
- Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
- География и мониторинг биоразнообразия. Колл. авторов. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра: М, 2002. – 432 с.
- ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.
- ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.
- ГОСТ 17.4.1.03-84. Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического

загрязнения.

ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

Измалков В.И. Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга. - СПб, 1994. - 131 с.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды (издание второе, дополненное). – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 540 с.

Ильницкий О.А., Бойко М.Ф., Федорчук М.И. Основы фитомониторинга (мониторинг физиологических процессов в растениях). – Херсон: Айлант, 2005. – 346 с.

Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. - М.: Химия, 1996. - 319 с.

Манита М.Д. и др. Современные методы определения атмосферных загрязнений населенных мест. - М.: Медицина, 1980. - 254 с.

Николаева О.Н. Основы мониторинга среды обитания. - Новосибирск: СГГА, 2015. – 151 с.

Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87 /Министерство здравоохранения СССР, 3-е изд., - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 156 с.

Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога/Под ред. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. - М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский Дом "Прибой", 1996. - 350 с.

Пашкевич М.А., Шуйский В.Ф. Экологический мониторинг: Учебное пособие / М.А.Пашкевич, В.Ф.Шуйский. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2012. – 89 с.

Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. - 111 с.

Природоохранные нормы и правила проектирования: Справочник / Сост.: Ю.Л. Максименко, В.А. Глухарев. - М.: Стройиздат, 1990. - 527с.

Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.

Сафонов А.И., Стрельников И.И. Учебно-методическое пособие для подготовки к Республиканской олимпиаде по дисциплине Экология. – Донецк: ДонНУ, 2016-2017. – 222 с.

Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей природной среды. - М.: Искусство, 1991. - 370 с.

Современная экология и глобальные экологические проблемы. Конспект лекций (для магистрантов направления подготовки 06.04.01 Биология) / А.И. Сафонов. – Донецк: ДонНУ, 2017. – 444 с.

Черп О.М. и др. Экологическая оценка и экологическая экспертиза. 3-е изд., перераб. и доп. / О.М. Черп, В.И. Виниченко, М.В. Хотулёва, Я.П. Молчанова, С.Ю. Дайман. – М.: Социально-экологический союз, 2001. – 278 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. 4-е изд., испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2016. – 416 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК ОБЛАСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	4
1. 1 Становление и развитие мониторинга окружающей среды как отрасли экологической науки.....	11
1.2 Мониторинг как система наблюдений за влиянием на окружающую среду антропогенных факторов	19
1.2.1 Универсальная блок-схема функционирования системы мониторинга.....	23
1.2.2 Место мониторинга в системе управления состоянием природной среды.....	24
1.2.3 Структура компонентов системы мониторинга.....	25
1.3 Основные классификации видов экологического мониторинга.....	26
1.4 Экологические наблюдения.....	30
1.4.1 Принципы организации экологических наблюдений.....	33
1.4.2 Организация и программа экологических наблюдений.....	34
1.4.3 Автоматизация мониторинга среды обитания.....	38
2 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ.....	40
2.1 Положение о государственном экологическом мониторинге.....	44
2. 2 Положение о государственной наблюдательной сети.....	53
2.3 Положение о единой государственной системе экологического мониторинга.....	73
3 ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ.....	81
3.1 Объекты общественного мониторинга.....	82
3.2 Задачи общественного экологического мониторинга.....	83
3.3 Основные принципы функционирования сети общественного экологического мониторинга межрегионального (международного) уровня..	83
3.4 Как организовать общественный экологический мониторинг.....	85
3.5 Методические рекомендации по организации общественного экологического мониторинга.....	115
3.6 Модельные проекты.....	149
4 ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	162
4.1 Разработка программы локального экологического мониторинга.....	163
4.2 Технические и технологические проблемы экологического мониторинга.....	167
4.3 Мониторинг города с населением до 500 тыс. человек.....	170
4.4 Мониторинг промышленного предприятия.....	170
4.5 Мониторинг района ТЭС и АЭС.....	171
4.6 Мониторинг источника загрязнения (точечный мониторинг).....	172
4.7 Мониторинг радиоактивных загрязнений.....	175
4.8 Состояние мониторинга потенциально опасных объектов.....	176

5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЛОБАЛЬНОГО УРОВНЯ	178
5.1 Геофизический мониторинг.....	178
5.2 Климатический мониторинг.....	183
5.3 Агроэкологический мониторинг.....	184
5.4 Лесной мониторинг.....	189
5.5 Мониторинг растительного и животного мира.....	192
5.6 Фоновый экологический мониторинг.....	193
5.7 Аэрокосмический мониторинг.....	200
5.8 Системы глобального мониторинга.....	205
5.9 Принципы организации системного экологического мониторинга в заповедниках.....	208
6 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	217
6.1 Организация сети наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы	219
6.2 Программа и сроки наблюдений.....	222
6.3 Определение приоритетного перечня веществ, подлежащих контролю.....	225
6.4 Обследование состояния загрязнения атмосферы.....	228
6.5 Косвенные методы исследования уровня загрязнения атмосферы...	238
6.6 Контроль состояния воздуха и газовых потоков.....	241
7 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	246
7.1 Мониторинг природных вод. Мониторинг загрязнения поверхностных вод.....	253
7.2 Установление категории пункта контроля качества поверхностных вод	254
7.3 Мониторинг загрязнения морских вод.....	256
7.4 Наблюдения за качеством природных вод с помощью комплексных лабораторий.....	258
7.5 Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод.....	260
7.6 Обработка и обобщение результатов мониторинга природных вод...	260
7.7 Контроль состава сточных вод.....	261
7.8 Осуществление государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях	267
8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ.....	277
8.1 Обобщенная программа мониторинга загрязнения почв.....	277
8.2 Контроль загрязнения почв пестицидами.....	279
8.3 Контроль загрязнения почв вредными веществами промышленного происхождения.....	281
8.4 Контроль радиоактивного загрязнения почв.....	282
8.5 Мониторинг земель.....	285
8.6 Программы почвенного мониторинга.....	291
8.7 Мониторинг состояния недр.....	293
8.8 Исследование почвы.....	293
8.9 Контролируемые показатели и методы почвенно-химического мониторинга.....	296
8.10 Загрязнение почв тяжелыми металлами.....	303

9 ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	311
9.1 Оценка состояния окружающей среды по абиотическим и биотическим показателям.....	311
9.2 Биологический мониторинг как составляющая экологического мониторинга.....	313
9.3 Биоиндикация и биотестирование.....	315
9.4 Биоиндикаторные характеристики биосистем различного ранга.....	316
9.5 Устойчивость экосистемы (сообщества) к воздействию.....	321
9.6 Методы биоиндикации наземных и водных экосистем.....	326
9.7 Информационные системы экологического мониторинга.....	332
10 МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ.....	341
10.1 Научные основы мониторинга биологического разнообразия.....	342
10.2 Методы оценки состояния и динамики биоразнообразия на разных иерархических уровнях организации биосистем.....	346
10.3 Видовое разнообразие.....	355
10.4 Геоинформационные системы – интегрирующее ядро мониторинговой системы биоразнообразия.....	361
10.5 Средства обеспечения мониторинга биоразнообразия.....	368
11 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ.....	385
11.1 Типизация прогнозов.....	385
11.2 Концепция информации.....	389
11.3 Кибернетическая природа и стабильность экосистем.....	396
12 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В МОНИТОРИНГЕ.....	403
13 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА...	410
14 СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	417
15 КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФИТОМОНИТОРИНГА В ДОНБАССЕ.....	421
Обобщающий тест по учебной дисциплине.....	445
Индивидуальные задания.....	459
План индивидуальной отчетной работы по курсам.....	463
Задания для самостоятельной работы студентов.....	464
Варианты модульных контролей.....	467
Вопросы к экзамену.....	471
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	473

Учебное издание

Донецкий национальный университет, кафедра ботаники и экологии

Экологический мониторинг. Учебник

Составители: Сафонов Андрей Иванович,
Мирненко Наталья Сергеевна