

Каблов В.Ф., Соколова Н.А. , Хлобжева И.Н., Кочетков В.Г.

Мониторинг окружающей среды

**Волжский
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.Ф. Каблов, Н.А. Соколова, И.Н. Хлобжева, В.Г. Кочетков

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Электронное учебное пособие
Часть 1



2017

УДК 504(07)

ББК 20.18я73

М 773

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО
«Московский педагогический государственный университет»

канд.пед.наук, доцент

Ерошенко В.И.,

Технолог ООО «Комед», канд.тех.наук

Провоторова Д.А.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Каблов, В.Ф.

Мониторинг окружающей среды [Электронный ресурс]:
учебное пособие. Часть 1. / В.Ф. Каблов, Н.А. Соколова, И.Н.
Хлобжева, В.Г. Кочетков ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Электрон.
текстовые дан. (1файл: 1,1 МБ) – Волжский, 2017. - Режим доступа:
<http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2756-7

Изложены теоретические основы мониторинга окружающей среды.
Пособие подходит при изучении таких дисциплин как «Экология», «Защита
окружающей среды в ЧС», «Промышленная экология».

Пособие рассчитано на студентов всех форм обучения бакалавриата по
направлениям 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химии, нефтехимии и биотехнологии», а также
для студентов других технических направлений бакалавриата, изучающих
экологию.

Ил.9, табл.11, библиограф.: 10 назв.

ISBN 978-5-9948-2756-7

© Волгоградский государственный
технический университет, 2017
© Волжский политехнический
институт, 2017

Содержание

	стр
	5
1	6
1.1.	6
2	16
2.1	20
3	24
3.1.	26
3.1.1.	27
3.1.2.	31
3.1.3.	33
3.1.4.	34
3.2.	35
3.3.	35
3.4.	39
3.5.	45
3.6.	45
3.6.1.	46
3.6.2.	54
3.6.3.	56
3.7	57

3.8	Организация сети наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха	60
3.9	Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши	64
3.10	Наблюдения за загрязнением почв	72
3.11	Критерии оценки качества окружающей среды	78
4.	Нормативно-правовое обеспечение экологического мониторинга	85
4.1	Состояние и тенденции развития нормативно-правовой базы природоохранной деятельности	85
4.2	Нормативно-правовая база организации системы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды в Российской Федерации	86
4.3	Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов	88
4.4	Нормативная база по оценке экологического риска и оценке предотвращенного ущерба окружающей среде и здоровью населения	89
4.5	Международные соглашения в области охраны окружающей среды	89
	Глоссарий ключевых терминов	93
	Заключение	103
	Литература	104

Введение

Существование человечества и обеспечение его устойчивого развития невозможно без использования природных ресурсов и самого потенциала природной среды и в то же время без воздействия самого человека на природную среду и последующих за этим эффектов (нередко весьма негативных).

Экспоненциально возрастающая антропогенная нагрузка на окружающую среду стала в наши дни важнейшей проблемой человечества. Экономическое развитие во всём мире идёт без должного учёта исчерпаемости многих видов невозобновляемых природных ресурсов, без понимания того обстоятельства, что способность биосферы к восстановлению не беспредельна. Природная среда быстро деградирует под натиском человеческой деятельности. Особенно большой вред окружающей среде наносят быстро развивающиеся топливно-энергетический комплекс, транспорт и производства, связанные с переработкой нефти и газа.

Научный анализ иногда очень тонких, небольших эффектов дает возможность выявить новые неизвестные эффекты различных антропогенных воздействий и прогнозировать их. Такой анализ в настоящее время осуществляется в рамках экологического мониторинга – информационной системы наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданной с целью выделения антропогенной составляющей на фоне природных процессов.

Охрана окружающей среды и рациональное природопользование являются сегодня важнейшими национальными и межгосударственными задачами, успешное решение которых неразрывно связано с уровнем профессиональной подготовки специалистов в данной области.

1. Основные понятия и принципы

экологического мониторинга окружающей среды

1.1. Понятия, цели, задачи классификации и принципы

Всесторонний анализ окружающей среды предусматривает оценку экологического состояния и влияние на нее естественных и антропогенных воздействий. Состояние биосферы, непрерывно меняющееся под влиянием естественных факторов, обычно возвращается в первоначальное. Например, изменения температуры и давления, влажности воздуха и почвы происходят в пределах некоторых постоянных средних значений. Как правило, крупные экосистемы под влиянием природных процессов изменяются чрезвычайно медленно.

Существующие в мире экологические службы (гидрометеорологическая, сейсмическая, ионосферная и др.) проводят контроль за изменением этих процессов. Изменение состояния биосферы под влиянием антропогенных факторов происходит в более короткие временные сроки. Поэтому с целью измерения, оценки и прогноза антропогенных изменений абиотической составляющей биосферы (в первую очередь загрязнений) и ответной реакции биоты на эти изменения, а также последующих изменений в экосистемах в результате антропогенных воздействий создана информационная система экологического мониторинга.

Термин мониторинг возник только в XX веке, он использовался в науке для определения системы повторных целенаправленных наблюдений за элементами окружающей природной среды в пространстве и времени. Термин «мониторинг» образован от лат. «монитор» – «наблюдающий», «предостерегающий». Существует несколько современных формулировок определения мониторинга. В конце 60-х годов XX века многие страны осознали, что необходима координация усилий по сбору, хранению и переработке данных о состоянии окружающей среды.

В 1972 г. в Стокгольме прошла конференция по охране окружающей среды под эгидой ООН, где впервые возникла необходимость договориться об определении понятия «мониторинг». Решено было под мониторингом окружающей среды понимать комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов.

В 1974 г. в Найроби (Кения) была образована межправительственная комиссия по системе глобального мониторинга, разработана первая схема организации мониторинга антропогенного загрязнения. Тогда же был уточнен список наиболее опасных загрязнителей для их учета при организации мониторинга. Загрязнители оценивались по различным критериям, в том числе по воздействию на здоровье человека; влиянию на климат или экосистемы; склонности к разрушению природной среды;

способности накапливаться в пищевых цепях; возможности химической трансформации во вторичные токсические вещества и другим. Эта информация необходима в повседневной жизни людей, в хозяйственной деятельности, при строительстве крупных промышленных объектов и жилых районов, при чрезвычайных обстоятельствах – для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы.

Мониторинг – это система выполняемых по научно обоснованным программам наблюдений, прогнозов, оценок и разрабатываемых на их основе рекомендаций и вариантов управленческих решений, необходимых и достаточных для обеспечения управления состоянием и безопасностью управляемой системы. Нацеленность мониторинга на обеспечение системы управления рекомендациями и вариантами управленческих решений предопределяет включение в его структуру подсистемы сбора исходной информации о состоянии системы, подсистемы анализа причин ее изменчивости, а также подсистемы анализа проектов и программ, корректирующих состояние систем.

Экологический мониторинг является комплексным мониторингом биосферы. Он включает в себя контроль изменений состояния окружающей среды под влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

В России одним из первых теорию мониторинга окружающей среды стал разрабатывать Ю.А. Израэль. Уточняя определение мониторинга окружающей среды, он сделал акцент не только на наблюдении, но и на прогнозе, введя в определение термина «мониторинг окружающей среды» антропогенный фактор как основную причину этих изменений. Мониторингом окружающей среды он называет систему наблюдений, оценки и прогноза антропогенных изменений состояния окружающей природной среды.

Блок-схема мониторинга представлена на рис.1 1. (Ю.А. Израэль, 1974 г.).

Одна из первых обзорных классификаций систем и подсистем мониторинга разных типов была составлена в начале 1970-х гг. Ю.А. Израэлем.

Системы мониторинга могут подразделяться по разным признакам:

- пространственному охвату;
- объекту наблюдения (абиотическая компонента: атмосферный воздух, воды суши и морей, почвы, геологическая среда;
- биотическая компонента: растительный и животный мир, живая природа на охраняемых природных территориях, человек;
- физические факторы воздействия: ионизирующее излучение, электромагнитное излучение, тепловое излучение, шумы, вибрация).

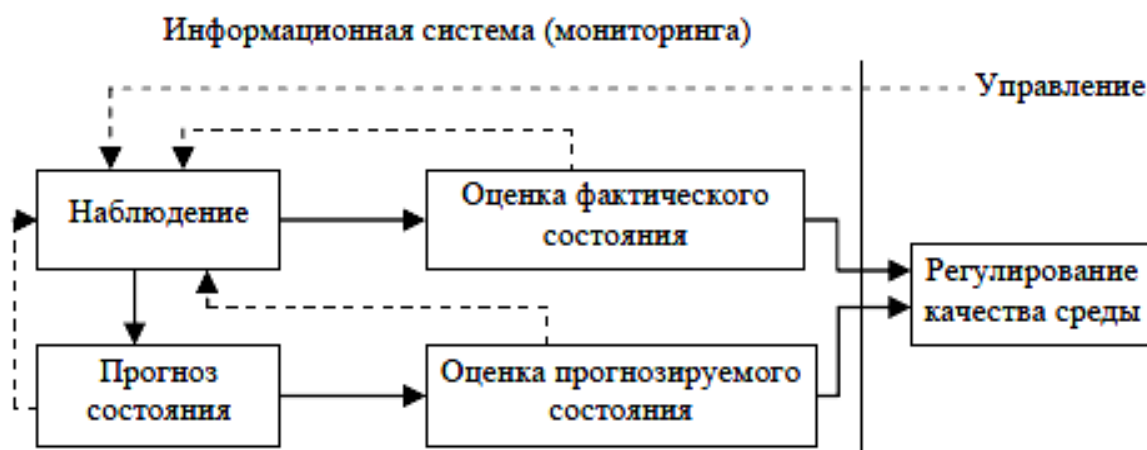


Рис.1. 1. Блок-схема системы мониторинга

По объектам наблюдения различают: атмосферный, воздушный, водный, почвенный, климатический мониторинг, мониторинг растительности, животного мира, здоровья населения и т.д.

- методам (прямое инструментальное измерение, дистанционная съёмка, косвенная индикация, опросы, дневниковые наблюдения);
- степени отношения эффекта и процесса, за которыми ведутся наблюдения;
- типу воздействия (геофизическое, биологическое, медико-географическое, социально-экономическое, общественное);
- целям (определение современного состояния среды, исследование явлений, оценка и градуировка моделей окружающей среды, краткосрочный прогноз, долгосрочные выводы, оптимизация и повышение экономической эффективности исследований и прогнозов, контроль за воздействием на среду и т.д.).

Существует классификация систем мониторинга по факторам, источникам и масштабам воздействия (рис.1.2.).

Мониторинг факторов воздействия – мониторинг различных химических загрязнителей (ингредиентный мониторинг) и разнообразных природных и физических факторов воздействия (электромагнитное излучение, солнечная радиация, шумовые вибрации).

Мониторинг источников загрязнений – мониторинг точечных стационарных источников (заводские трубы), точечных подвижных (транспорт), пространственных (города, поля с внесенными химическими веществами) источников.

Все классификации систем мониторинга являются достаточно условными. По масштабам воздействия мониторинг бывает пространственным и временным. По масштабам обобщения информации выделяют:

- глобальный (биосферный) мониторинг – предусматривает слежение за

общемировыми процессами и явлениями в биосфере и осуществление прогноза возможных изменений;

- национальный мониторинг – осуществляется в пределах государства специально созданными органами;
- региональный мониторинг – охватывает отдельные регионы, в пределах которых имеют место процессы и явления, отличающиеся по природному характеру или по антропогенным воздействиям от общего базового фона;
- локальный мониторинг – предусматривает осуществление наблюдений в особо опасных зонах и местах, обычно непосредственно примыкающих к источникам загрязняющих веществ.

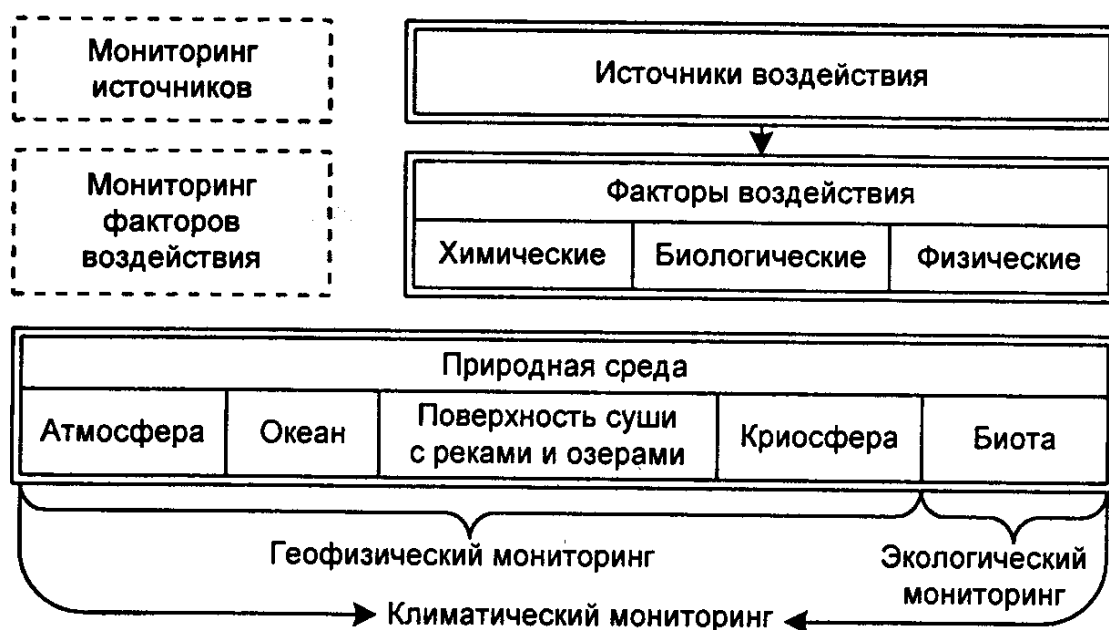


Рис. 1.2. Блок-схема системы мониторинга

Базовый (фоновый) мониторинг, задача которого – слежение за состоянием природных систем и природными процессами, на которые практически не влияют региональные антропогенные факторы. Базовый мониторинг позволяет охарактеризовать состояние природы как бы в её «чистом» виде, хотя глобальные загрязнения всё же вносят определённый вклад в изменение природной среды. Для осуществления базового (фонового) мониторинга используют удалённые от промышленных регионов территории, в том числе биосферные заповедники.

- импактный – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах.

Классификация систем мониторинга может основываться и на методах наблюдения (мониторинг по физико-химическим и биологическим показателям, дистанционный мониторинг).

Химический мониторинг – это система наблюдений за химическим составом (природного и антропогенного происхождения атмосферы,

осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почв, донных отложений, растительности, животных и контроль за динамикой распространения химических загрязняющих веществ. Глобальной задачей химического мониторинга является определение фактического уровня загрязнений окружающей среды приоритетными высокотоксичными ингредиентами, представленными в табл. 1.1.

<i>Класс приоритетности</i>	<i>Загрязняющие вещества</i>	<i>Среда</i>	<i>Тип программы измерений</i>
I	Диоксид серы и взвешенные частицы	Воздух	И, Р, Б, Г
	Радионуклиды (Sr-90, Cs-197)	Пища	И, Р
II	Озон	Воздух	И, Б (в стратосфере)
	ДДТ и другие хлорорганические соединения	Биота, человек	И, Р
	Кадмий и его соединения	Пища, человек, вода	И
III	Нитраты, нитриты	Питьевая вода, пища	И
	Оксиды азота	Воздух	И
IV	Ртуть и ее соединения	Пища, воздух	И, Р
	Свинец	Воздух, пища	И
	Диоксид углерода	Воздух	Б
V	Оксид углерода	Воздух	И
	Нефтеуглеводороды	Морская вода	Р, Б
VI	Фтористые соединения	Питьевая вода	И
VII	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
VIII	Микротоксины	Пища	И, Р
	Микробиологическое заражение	Пища	И, Р
	Реактивные углеводороды	Воздух	И

Таблица 1.1. Классификация приоритетных загрязняющих веществ, и контроль за их содержанием в различных средах

Примечание: И – импактный, Р – региональный, Б – базовый, Г – глобальный.

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

Биологический мониторинг – мониторинг, осуществляемый с помощью биоиндикаторов (т. е. таких организмов, по наличию, состоянию

и поведению которых судят об изменениях в среде).

Экобиохимический мониторинг – мониторинг, базирующийся на оценке двух составляющих окружающей среды (химической и биологической).

Дистанционный мониторинг – в основном, авиационный, космический мониторинг с применением летательных аппаратов, оснащенных радиометрической аппаратурой, способной осуществлять активное зондирование изучаемых объектов и регистрацию опытных данных.

В зависимости от принципа классификации имеются различные системы мониторинга (табл.1. 2.).

Наиболее универсальным является комплексный экологический мониторинг окружающей среды.

Комплексный экологический мониторинг окружающей среды – это организация системы наблюдений за состоянием объектов окружающей природной среды для оценки их фактического уровня загрязнения и предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных для здоровья людей и других живых организмов. Различают мониторинг локальный, региональный и фоновый.

При проведении комплексного экологического мониторинга окружающей среды:

а) проводится постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.), а также оценка состояния и функциональной целостности экосистем;

б) создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Система комплексного экологического мониторинга предусматривает:

- выделение объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление для объекта наблюдения информационной модели;
- планирование измерений;
- оценку состояния объекта наблюдения и идентификацию его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

Основные цели комплексного экологического мониторинга состоят в том, чтобы на основании полученной информации:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности

экосистем и среды обитания человека (т. е. провести оценку соблюдения экологических нормативов);

<i>Принцип классификации</i>	<i>Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга</i>
Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг Национальный мониторинг (например, Общегосударственная служба наблюдения и контроля за уровнем загрязнения внешней среды) Международный мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ)
Реакция основных составляющих биосферы	Геофизический мониторинг Биологический мониторинг, включая генетический Экологический мониторинг (включающий вышеназванные)
Различные среды	Мониторинг антропогенных изменений (включая загрязнения и реакцию на него) в атмосфере, гидросфере, почве, криосфере и биоте
Факторы и источники воздействия	Мониторинг источников загрязнения Ингредиентный мониторинг (например, отдельных загрязняющих веществ, радиоактивных излучений, шумов и т.д.)
Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы
Методы наблюдения	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям Спутниковый мониторинг (дистанционные методы)
Системный подход	Медико-биологический (состояния здоровья) мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг Вариант: биоэкологический, геоэкологический, биосферный мониторинг

Таблица 1.2. Классификация систем (подсистем) мониторинга

- 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 (т. е. провести диагностику состояния экосистем и среды обитания);
- создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб, т. е. обеспечить заблаговременное предупреждение негативных ситуаций.

В Российской Федерации функционирует несколько ведомственных систем мониторинга, например, служба наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета, служба мониторинга водных ресурсов Роскомвода, служба агрохимических наблюдений и мониторинга загрязнений сельскохозяйственных земель Роскомзема и др.

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.

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.

В этой связи основными задачами экологического мониторинга являются:

- наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;
- оценка физического состояния природной среды;
- прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.

В общем виде структурная схема мониторинга показана на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Структурная схема мониторинга

Надо отметить, что для разных компонентов окружающей природной

среды системы мониторинга развиты неодинаково. Наиболее совершенными в этой области являются системы контроля и мониторинга атмосферного воздуха, несмотря на то, что концепция эколого-аналитического контроля, действующая в настоящее время в России (Федеральная служба Российской Федерации по гидрометеорологии и мониторингу природной среды) достаточно устарела. В основу этой концепции положены принципы построения сети метеорологического контроля, стационарные, маршрутные и передвижные подфакельные посты наблюдений, периодический отбор разовых проб, их лабораторный анализ.

В России разработка и выполнение программ экологического мониторинга природной среды возложены на Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ), созданную в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации 1993 г. В ЕГСЭМ применяется территориально-ведомственный принцип построения системы, предусматривается максимальное использование возможностей уже существующих государственных и ведомственных систем мониторинга биосферы, антропогенных воздействий, состояния биоты.

2.Национальный мониторинг Российской Федерации

Согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) осуществляется в рамках единой системы государственного экологического мониторинга федеральными органами исполнительной власти и органами государственной власти субъектов РФ (в соответствии с их компетенцией) посредством:

- создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов;
- создания и эксплуатации государственного фонда данных. Единая система государственного экологического мониторинга создаётся в целях обеспечения охраны окружающей среды.

Задачами единой системы государственного экологического мониторинга являются:

- регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды (в т. ч. компонентов природной среды, естественных экосистем), за происходящими 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 или антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;
- обеспечение органов государственной власти и местного самоуправления, юридических лиц, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

Единая система государственного экологического мониторинга включает в себя подсистемы:

- 1) состояния и загрязнения окружающей среды;
- 2) атмосферного воздуха;
- 3) радиационной обстановки на территории РФ;
- 4) земель;
- 5) объектов животного мира;
- 6) состояния недр;
- 7) водных объектов;
- 8) водных биологических ресурсов;
- 9) внутренних морских вод и территориального моря РФ;
- 10) исключительной экономической зоны РФ;
- 11) континентального шельфа РФ;
- 12) уникальной экосистемы озера Байкал;
- 13) охотничьих ресурсов и среды их обитания;
- 14) лесопатологического мониторинга.

Государственный фонд данных собирает, обрабатывает и анализирует:

- данные подсистем единой системы государственного экологического мониторинга;
- результаты производственного контроля в области охраны ОС и государственного экологического надзора;
- данные государственного учёта объектов, оказывающих негативное воздействие на ОС.

Информация, полученная при осуществлении государственного экологического мониторинга, используется при:

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

Организацию и осуществление государственного экологического мониторинга обеспечивают: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии РФ, Министерство сельского хозяйства РФ и другие органы исполнительной власти.

Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды РФ) проводит государственную политику в области изучения, использования и охраны природных ресурсов:

- координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти по организации и осуществлению экологического мониторинга;
- осуществляет государственный экологический мониторинг и надзор в области охраны атмосферного воздуха, использования и охраны водных объектов, обращения с отходами, охраны озера Байкал, государственный экологический надзор на континентальном шельфе, во внутренних морских водах, в исключительной экономической зоне РФ и т. д.;
- согласовывает методические и нормативно-технические документы федеральных органов исполнительной власти по вопросам организации и осуществления экологического мониторинга;
- обеспечивает совместимость информационных систем и баз данных о

состоянии окружающей среды, а также создаёт условия для формирования и защиты государственных информационных ресурсов в этой сфере. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) осуществляет мониторинг загрязнения окружающей среды, имеет наиболее апробированную и разветвлённую сеть наблюдений за состоянием природной среды.

В сферу его деятельности входят:

- наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов (морских и пресноводных);
- наблюдения за трансграничным переносом загрязняющих веществ; наблюдения за фоновым загрязнением атмосферы;
- специальные работы по мониторингу радиоактивного загрязнения и закисления (наблюдения за химическим и радионуклидным составом и кислотностью атмосферных осадков, загрязнением снежного покрова);
- комплексные наблюдения за загрязнением природной среды и состоянием растительности;
- комплексные обследования загрязнённости природных сред городов и промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой;
- работы по Государственному водному кадастру РФ по разделу «Поверхностные воды» совместно с подразделениями Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) ведёт федеральный и территориальные фонды геологической информации о недрах, а также банк данных по вопросам недропользования и государственного кадастра месторождений полезных ископаемых.

В агентстве действует система государственного мониторинга геологической среды (ГМГС), связанная с системами государственного мониторинга водных объектов Росгидромета и водного кадастра, Федеральной системой сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений, Российской автоматизированной информационно-управляющей системой по чрезвычайным ситуациям, Единой информационной системой недропользования.

В рамках ГМГС функционируют подсистемы мониторинга:

- подземных вод;
- экзогенных геологических процессов;
- эндогенных геологических процессов.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) объединяет санитарно-гигиенические и микробиологические лаборатории, где определяют химические, микробиологические, паразитологические показатели.

- Проводится контроль состояния атмосферного воздуха в городах и контроль гигиены источников питьевой воды, токсикологический и

бактериологический контроль территорий, складов ядохимикатов, сельхозугодий и т. д.

- Создаётся система социально-гигиенического мониторинга. Федеральное космическое агентство (Роскосмос) осуществляет космический мониторинг, также проводит экологический мониторинг загрязнённых компонентами ракетно-космического топлива территорий и объектов.
- Создаётся комплексная система экологического мониторинга космодронов.

Распределение функций мониторинга по различным ведомствам, не связанным между собой, приводит к дублированию усилий, снижает эффективность всей системы мониторинга и затрудняет доступ к необходимой информации, как для граждан, так и для государственных организаций. Поэтому так важно было создать единую систему мониторинга, которая смогла бы объединить возможности и усилия многочисленных служб для решения задач комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды.

Работы по созданию Единой государственной системы экологического мониторинга (впоследствии – Системы Экологического Мониторинга, затем – Единой системы государственного экологического мониторинга) ведутся с 1993 года, т. е. уже более двадцати лет. Создаваемая система должна была стать источником объективной комплексной информации о состоянии окружающей среды в РФ. Но, несмотря на это, в настоящее время состояние Единой системы государственного экологического мониторинга в РФ нельзя признать удовлетворительным.

Ситуацию усугубляют периодические переименования и перестройки министерств и ведомств, их слияния и разделения.

Основные недостатки существующей системы мониторинга в области организационной структуры и информационного обеспечения:

- ведомственная разобщённость, недостаточно чёткая координация на федеральном, региональном и локальном уровнях;
- отсутствие комплексного подхода к оценке состояния объектов ОС;
- информационного обмена между базами данных различных ведомств;

Показатели, используемые в различных ведомствах, плохо сопоставимы.

- В области правового и нормативно-методического обеспечения:
- недостаточная чёткость законодательной базы и нормативно-методических документов в области нормирования, например перечней ПДК веществ;
- отсутствие практики использования региональных нормативов ПДК;
- недостаточно обоснованные нормативы сброса и выброса

загрязняющих веществ, в частности лимиты водопользования;

- тенденция к расширению числа контролируемых показателей (и, соответственно к удорожанию контроля).

Одно из наиболее слабых звеньев – мониторинг источников загрязнения, который базируется на данных о выбросах и сбросах загрязняющих веществ в окружающую среду:

- многие сбросы точечных источников загрязнения не отражены в действующей системе учёта водопользования (данные наблюдений за сбросами ливневых и коллекторно-дренажных вод, сточных вод животноводческих хозяйств, объектов горнодобывающей промышленности и др.);
- число контролируемых параметров явно недостаточно, практически не контролируется сброс токсичных химических веществ.

Проблемы определения степени антропогенной нагрузки на атмосферу и водоёмы не могут быть решены периодическим отбором и анализом проб.

Необходима непрерывная фиксация в реальном времени контролируемых параметров, поскольку:

- длительность генерации аварийных и нелегальных сбросов и выбросов может быть много меньше интервала между измерениями;
- достоверная оценка потоков загрязнения возможна не по отдельным значениям наблюдений, а по интегралу контролируемого параметра по времени.

2.1. Организация регионального мониторинга

Задачи и принципы организации регионального мониторинга соответствуют задачам государственного мониторинга только на региональном уровне. На этом уровне экологический мониторинг или контроль осуществляют:

- Росгидромет (импактный, региональный и отчасти фоновый мониторинг);
- региональные органы Роспотребнадзора (состояние рабочих, селитебных и рекреационных зон, качество питьевой воды и продуктов питания);
- региональные органы Министерства природных ресурсов и экологии РФ;
- предприятия, осуществляющие выбросы и сбросы в окружающую среду (наблюдение и контроль за собственными выбросами и сбросами);
- различные ведомственные структуры (подразделения МЧС, предприятия Водоканала и т. д.).

В области регионального мониторинга наблюдения ведутся в

основном Росгидрометом, имеющим разветвлённую сеть, а также некоторыми ведомствами (агрохимслужба Минсельхоза, Водоканал и др.). И, наконец, существует сеть фонового мониторинга, осуществляемого в рамках программы МАВ (Man and Biosphere). При этом практически не охваченными сетью наблюдений остаются малые города и многочисленные населённые пункты, подавляющее большинство диффузных источников загрязнения.

Мониторинг состояния водной среды, организованный, прежде всего, Росгидрометом и, до некоторой степени, санитарно-эпидемиологическими (Роспотребнадзор) и коммунальными службами (Водоканал), не охватывает подавляющее большинство малых рек.

В то же время известно, что загрязнение больших рек в значительной части обусловлено вкладом разветвлённой сети их притоков и хозяйственной деятельностью в водосборе.

В настоящее время общее число постов наблюдений сокращается, т. е. государство не располагает ресурсами для организации сколько-нибудь эффективного мониторинга состояния малых рек.

Таким образом, на экологической карте ясно обозначены «белые пятна», где систематические наблюдения не проводятся. Эти «белые пятна» должны стать объектами общественного экологического мониторинга.

Основной уровень функционирования системы регионального мониторинга – ландшафтный. Из основных составляющих ландшафта наиболее уязвимым является атмосферный воздух, накапливающий газообразные загрязнения в результате сбросов и выбросов всей наземной, морской и воздушной техникой; многие загрязнители под действием ветров и воды переносятся с воздушными массами и потоками воды на большие расстояния.

Мониторинг атмосферы региона предполагает проведение непрерывных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха, метеорологическими условиями; предусматривается также отслеживание критического состояния, чтобы вовремя принять меры по предотвращению ущерба здоровью населения реги на и его природе. Система мониторинга воздуха представлена на рисунке 2.1.

Задачи, выполняемые наземными службами наблюдения:

- 1) непрерывный мониторинг за источниками загрязнения атмосферы (ИЗА) и метеоусловиями в регионе;
- 2) степень загрязнения атмосферы, включая аварийные залповые выбросы, с учётом метеоусловий; прогноз загрязнения атмосферы с учётом прогноза климатических характеристик;
- 3) выработка рекомендаций по улучшению состояния атмосферы в различные периоды; оценка проводимых воздухоохраных мероприятий, программ, проектов, направленных на улучшение состояния атмосферы.



Рис. 2.1. Схема мониторинга воздуха

Мониторинг водных объектов – отдельная система регионального мониторинга. В основе организации и проведения наблюдений за качеством поверхностных вод лежат следующие принципы:

- комплексность и систематичность наблюдений,
- согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями,
- определение показателей качества воды едиными методами.

Состав гидрологического мониторинга в пределах парка, так же как и государственного мониторинга водных объектов, должен включать следующие виды мониторинга (рис. 2.2.):

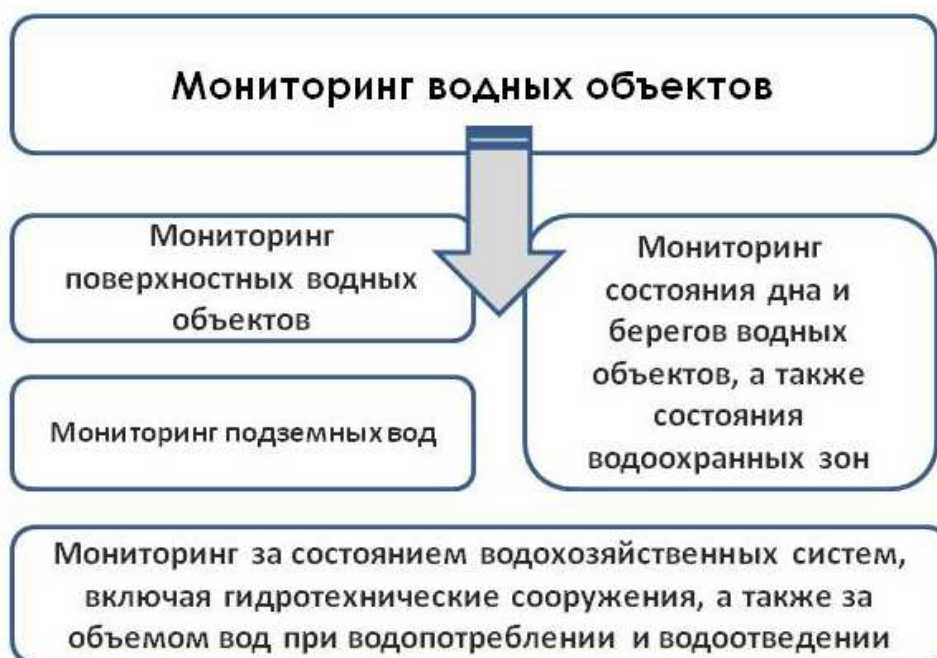


Рис. 2.2. Состав гидрологического мониторинга

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. Мониторинг земель и порядок его ведения представлен на рис. 2.3.

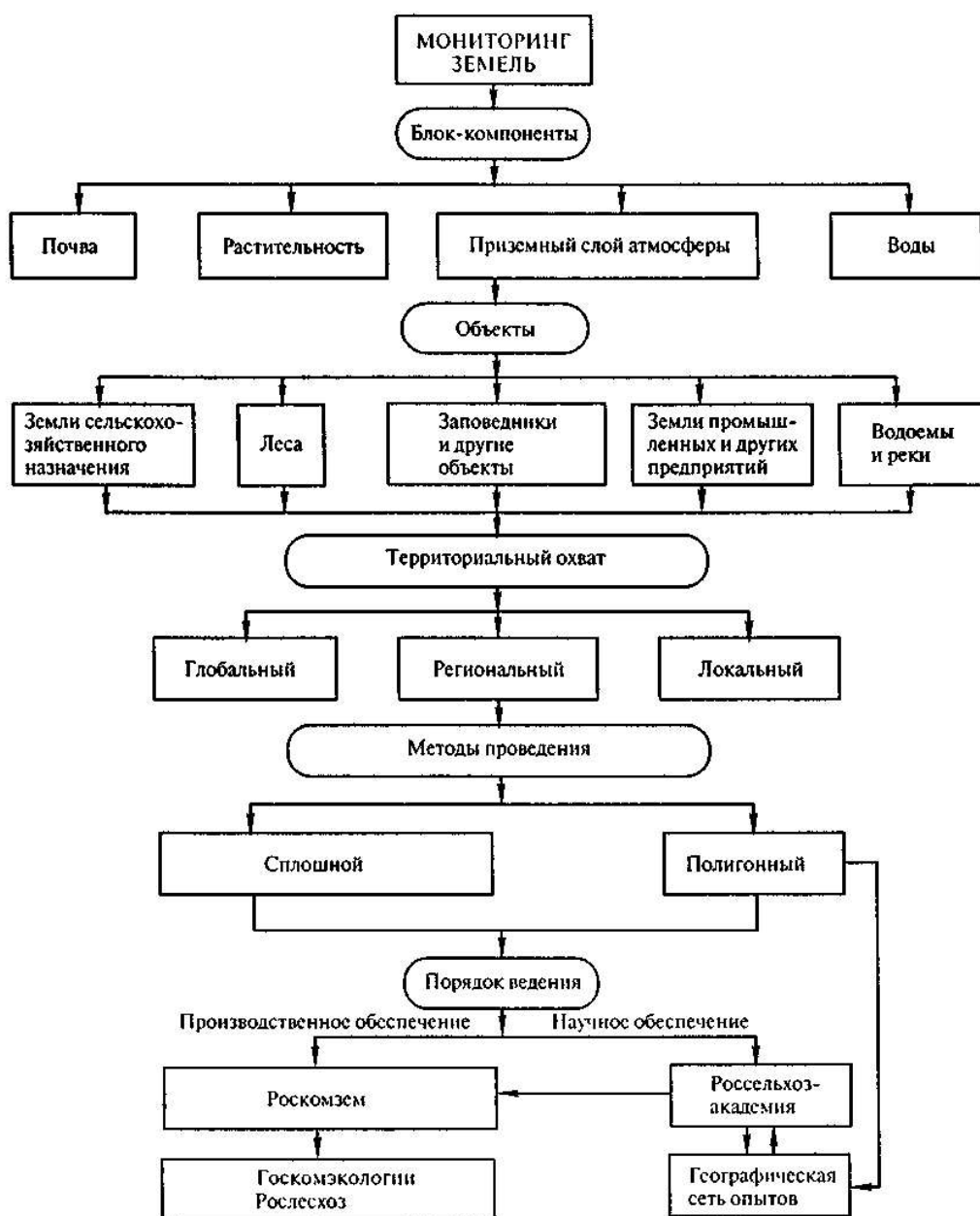


Рис. 2.3. Мониторинг земель и порядок его ведения.

3. Общие сведения о методах наблюдения

Для получения объективной информации о состоянии и об уровне загрязнения различных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, воды, почвы) необходимо располагать надежными методами анализа. Эффективность любого метода оценивается совокупностью таких показателей, как селективность и точность определения, воспроизводимость получаемых результатов, чувствительность определения, пределы обнаружения элемента и экспрессность выполнения анализа.

Кроме того, методы должны обеспечивать проведение анализа в широком интервале концентраций элементов (включая следовые). Это должно учитываться при выборе методов и средств наблюдений.

В настоящее время содержание загрязняющих веществ в объектах окружающей среды определяется различными методами: фотометрическим, фотоколориметрическим, спектрофотометрическим, турбидиметрическим, нефелометрическим, флуориметрическим, полярографическим, хроматографическим и др.

Фотометрический метод основан на сравнении оптических плотностей исследуемой и контрольной жидкостей. Разновидностями фотометрического метода являются фотоколориметрический, спектрофотометрический, турбидиметрический, нефелометрический и флуориметрический (люминесцентный) методы.

Современные фотоколориметры отечественного производства представляют собой двухлучевые приборы с двумя фотоэлементами и имеют принципиально одинаковые схемы. Чувствительность определения зависит от природы соединений и составляет для неорганических соединений 0,04... 20 мкг/мл пробы и для органических соединений — 0,02... 10 мкг/мл пробы.

Спектрофотометрический метод основан на тех же принципах, что и фотоколориметрический.. Чувствительность определения органических и неорганических соединений находится на уровне 0,08... 20 мкг/мл пробы. Турбидиметрический метод применяется для определения количества веществ, которые находятся во взвешенном состоянии, посредством измерения интенсивности прохождения света через контролируемый раствор пробы. В качестве приборов могут быть использованы спектрофотометры любых марок. Для увеличения их чувствительности следует применять синий светофильтр. Турбидиметрический метод пригоден для измерения концентраций, уровень которых составляет несколько частиц на миллион

Нефелометрический метод отличается от турбидиметрического тем, что в этом случае измеряется не прошедший через суспензию свет, а рассеянный, поэтому данный метод является более чувствительным для

сильноразбавленных суспензий. Нефелометрический метод при благоприятных условиях позволяет получить точность, сравнимую с точностью колориметрических методов.

Возможность использования флуориметрического (люминесцентного) метода для аналитических целей обусловлена тем, что некоторые вещества при воздействии на них ультрафиолетового излучения флуоресцируют. Этот метод имеет ограниченное применение. Точным и чувствительным он является для интенсивно флуоресцирующих веществ.

Полярографический метод основан на восстановлении анализируемого соединения на ртутном капающем электроде и используется, как правило, при анализах следовых количеств веществ, находящихся в разных состояниях. Для анализа используют полярографы чувствительность определения концентраций органических и неорганических соединений которых составляет 0,05... 1 мкг/мл пробы.

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). Этот метод позволяет определять ничтожно малые количества веществ, не обладающих специфическими реакциями, и анализировать смеси, состоящие из десятков и сотен компонентов с близкими свойствами.

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. Особенностью метода являются малый объем пробы и высокая избирательность.

Спектрально-химический метод сочетает в себе две последовательные операции:

- 1) соосаждение групп элементов из растворов с помощью 2,4-динитроанилина; отделение их и соосаждение из фильтра молибдена;
- 2) спектральное определение соосажденных элементов в зольном остатке с использованием соответствующих искусственных стандартов.

В основе спектрально-эмиссионного метода лежит излучение световой энергии атомами, ионами и реже молекулами. Излучаемые атомами и ионами эмиссионные линейчатые спектры не зависят от вида химических соединений, из которых состоит исследуемое вещество, в связи, с чем этот анализ применяется для определения элементарного состава проб воды и почвы.

Универсальность, высокая чувствительность, хорошая точность и быстрота определения обусловили широкое распространение этого метода. При фотографической регистрации спектра метод позволяет одновременно анализировать до 30 элементов в одной пробе. В пробах почвы и воды

могут быть определены очень низкие концентрации многих элементов (1... 10%).

Наиболее эффективным способом получения сведений о загрязнении атмосферы в большом масштабе является использование экологических спутников. Полученная с их помощью информация может быть использована в сочетании реперными данными локальных измерений в различных точках земного шара, что позволит повысить точность дистанционного зондирования. В настоящее время единственным микрокомпонентом атмосферы Земли, измерение концентрации которого производится в течение многих лет, является CO_2 .

По результатам измерения можно рассчитать последствия нарушения экологического равновесия при сжигании горючих ископаемых и достаточно точно оценить масштабы воздействия. Однако для оценки последствий загрязнения нужно иметь полную картину процессов, происходящих с микрокомпонентами атмосферы.

Дистанционные методы базируются на измерении и интерпретации характеристик электромагнитных полей на различных расстояниях от исследуемого объекта. Принципиально новые возможности, которые они открывают, связаны с наблюдением атмосферы с искусственных спутников Земли, пилотируемых кораблей и орбитальных станций, выполнением измерений в непрерывном режиме при изменяющихся условиях, в больших объемах воздуха на огромных территориях (десятки и сотни квадратных километров) с пространственным разрешением в несколько десятков метров.

Методы абсорбционной спектроскопии широко применяются для дистанционных измерений концентрации микрокомпонентов атмосферы. За последние 15 - 20 лет получил распространение метод спектроскопии солнечного излучения, в частности определения микрокомпонентов тропосферы и стратосферы по данным аэростатных измерений солнечной инфракрасной радиации. Возможности регистрации спектра Солнца открыли перспективы для внедрения метода «затменного» зондирования стратосферы и мезосферы, а также для оценки фоновых концентраций CO , CH_4 , NO_2 , N_2O в вертикальном столбе атмосферы по спектрам солнечного излучения на уровне Земли.

Дистанционный метод определения концентрации оксида азота предназначен для измерения содержания NO_2 на фоне рассеянной солнечной радиации в атмосфере городов, в выбросах от предприятий, из отдельных труб заводов, а также из вулканов.

3.1 Биоиндикация и биологический мониторинг

Поскольку оценка качества почвы, воды и воздуха приобретает в настоящее время жизненно важное значение, необходимо определять как

реально существующую, так и возможную в будущем степень нарушения окружающей среды.

Для этой цели используют два принципиально разных подхода: физико-химический и биологический. Биологический подход развивается в рамках направления, которое получило название биоиндикации и биомониторинга.

В задачи биомониторинга входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов.

3.1.1. Общие вопросы биоиндикации и биомониторинга

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга – слежения за состоянием окружающей среды по физическим, химическим и биологическим показателям. В задачи биомониторинга входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов. Необходимо различать методы оценки состояния окружающей среды, основанные на биоиндикации (наблюдении за биотой без экспериментального вмешательства) и на биотестировании (активном вмешательстве в природные процессы, путем постановки эксперимента в природных или лабораторных условиях).

Биологический мониторинг можно подразделить на:

(а) мониторинг воздействия и (б) мониторинг эффекта, использующих соответственно индикаторы внутренней дозы и эффекта.

Цель биологического мониторинга воздействия – оценка риска для здоровья посредством определения внутренней дозы, отражающей, в свою очередь, биологически активную нагрузку химических факторов на организм. Доза загрязнения не должна достигать уровня, при котором могут проявиться патологические эффекты. Эффект считается патологическим или вредным, если снижается функциональная активность организма, уменьшается адаптационная способность к стрессам, способность к поддержанию гомеостаза или повышается восприимчивость к другим воздействиям среды.

В зависимости от химического вещества или анализируемого биологического параметра термин «внутренняя доза» может быть интерпретирован по-разному. Во-первых, он может означать количество абсорбированного химиката за короткий промежуток времени, к примеру, в течение одной рабочей смены. Концентрации загрязнителя в альвеолярном воздухе может определяться непосредственно в течение рабочей смены или на следующий день (образцы крови и альвеолярного воздуха могут храниться до 16 часов).

Во-вторых, если химическое вещество имеет большой

биологический период полураспада (например, металлы в системе кровообращения), то величина внутренней дозы может отражать количество вещества, поступившего в организм на протяжении нескольких месяцев.

В-третьих, термин «внутренняя доза» может также означать количество накопленного в организме вещества. В этом случае внутренняя доза отражает распределение вещества по органам и тканям, из которых оно потом медленно выводится. К примеру, для получения достоверной картины содержания в организме ДДТ, достаточно измерить их содержание в крови.

Наконец, величина внутренней дозы служит показателем количества химического вещества в местах его действия. Одной из наиболее важных и многообещающих возможностей применения данного показателя представляется определение соединений, образованных токсичными веществами с белками гемоглобина или с ДНК.

Биологический мониторинг эффекта направлен на выявление симптомов ранних обратимых изменений, возникающих в критическом органе. В этом смысле значение биологического мониторинга эффекта для наблюдения за здоровьем рабочих трудно переоценить.

О возможности использования живых организмов в качестве показателей определенных природных условий писали еще ученые Древнего Рима и Греции.

В России в рукописях XV и XVI вв. уже упоминались такие понятия, как «лес пашенный» и «лес непашенный», т. е. участки леса, пригодные для его сведения под пашню и непригодные.

В трудах М. В. Ломоносова и А. Н. Радищева есть упоминания о растениях, указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод. В XIX в. с развитием экологии растений была показана связь растений с факторами окружающей среды. О возможности растительной биоиндикации писал геолог А. М. Карпинский. Другой геолог – П. А. Ососков – использовал характер распределения растительных сообществ для составления геологических карт, а почвовед С. К. Чаянов – почвенных карт. Большой вклад в развитие биоиндикации внес русский ученый-почвовед В. В. Докучаев.

В начале XX в., в период, когда началось освоение окраин нашей страны, биоиндикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. Под биоиндикацией в эти годы в основном понимали регистрацию наличия или отсутствия того или иного явления (природного или антропогенного фактора среды), отмечая в терминах «есть» - «нет». К концу XX века биоиндикационные закономерности претерпели качественный скачок.

В настоящее время для целого класса индикаторных видов растений и животных целесообразно говорить не только о наличии или отсутствии

фактора, но и о степени его влияния на природный комплекс. Разные степени влияния на окружающую природную среду, регистрируемые с помощью этих видов, позволяют ввести шкалу воздействий (например, нет воздействия – слабое – среднее – сильное). Наличие шкалы экологического фактора позволяет намного более верно оценивать исследуемую территорию.

В таком случае следует говорить не о биоиндикации, а о биодиагностике территорий – методе количественной оценки степени воздействия экологического фактора на окружающую природную среду. В настоящее время для оценки уровня загрязнения и его влияния на здоровье людей используется система химико-аналитического контроля.

Эта система не дает объективной оценки влияния загрязнителей на человека и биоту. Дело в том, что, используя такой подход, мы должны определить содержание многочисленных компонентов загрязняющих веществ в разных природных средах, затем сравнить их концентрации с предельно допустимыми и на этой основе сделать вывод об «опасности» или «безопасности» для биоты и человека комплексного воздействия всех этих факторов. На каждом из указанных этапов возникают проблемы и трудности, не преодолимые с позиций химико-аналитического контроля. Первая проблема состоит в том, что химический анализ позволяет установить концентрации относительно небольшого числа потенциально опасных и уже известных мутагенных и токсичных веществ. Нет никакой гарантии, что именно тот компонент, концентрация которого не определена, не оказывает негативное влияние на биологические системы? Еще одна проблема – высокая стоимость процедуры химического анализа, для осуществления которой, как минимум, требуется развитая приборная база и наличие квалифицированных специалистов.

Даже если мы сможем узнать исключительно много о химическом составе анализируемых субстратов, возникнет необходимость нормирования содержания поллютантов. И эта последняя проблема является наиболее сложной.

В России установлены ПДК (как и в большинстве стран) для относительно небольшой части загрязнителей, поступающих в окружающую среду. В разных странах для одних и тех же токсикантов значения ПДК существенно различаются. Но это еще не главный «недостаток» химико-аналитического контроля, ограничивающий его применение для оценки качества среды обитания.

Лучше других отработана система биомониторинга водной среды. Росгидромет использует классификатор качества вод, включающий шесть классов. Оценивают показатели донных беспозвоночных, перифитона (обитатели водных растений), фито-, зоо- и бактериопланктона. В 1990 г. экономическая комиссия Европы под эгидой ООН приняла программу интегрированного мониторинга (ИМ) окружающей среды по следующим

группам показателей (в скобках указано их количество): общая метеорология (6), химизм воздуха (3), химизм почвенных и подземных вод (4), химизм поверхностных вод (4), почва (6), биологические показатели (11).

Среди отслеживаемых показателей видное место заняли биологические индикаторы: эпифитные лишайники, напочвенная растительность, кустарниковая и древесная растительность, проективное покрытие деревьев, биомасса деревьев, химический состав хвойных игл, микроэлементы в хвое, почвенные ферменты, микориза, скорость разложения растительных остатков и один из прочих методов биомониторинга по выбору.

На территории бывшего СССР было намечено шесть площадей для проведения регионального мониторинга по перечисленным выше биологическим показателям.

Наиболее развиты системы регионального мониторинга в Германии и Нидерландах.

Для примера рассмотрим одну из систем биомониторинга, принятую в Германии (земля Баден-Вюртемберг). Она предполагает оценку следующих показателей:

- степени дефолиации (преждевременной потери листвы) бука, ели и пихты;
- состава поллютантов в листьях и хвое;
- сукцессии (закономерной смены) травянистой растительности;
- жизненности травостоя и содержания в нем поллютантов;
- площади покрытия эпифитных лишайников;
- численности коллембол (мелких почвенных членистоногих) и наземных моллюсков;
- аккумуляции поллютантов в дождевых червях.

Результаты мониторинга представляют в виде таблиц и графиков. К числу удачных способов относится метод «Амебы». Рисуют круг, который делят линиями на равные секторы по числу измеряемых показателей. Линия окружности означает их нормальные значения. Показатели могут быть химическими (содержание тяжелых металлов, фосфора и т.д.), физическими (уровень грунтовых вод, мутность и пр.) и биологическими (численность, разнообразие и другие характеристики биоиндикаторов). Далее в каждом секторе закрашивают площадь, пропорциональную значениям соответствующего показателя. Линии могут выходить за пределы круга, если значения «зашкаливают», тогда у «Амебы» появляются «выросты-ложноножки». Результаты мониторинга, представленные в виде ряда таких рисунков, наглядно выявляют направление «движения Амебы» и, соответственно, направление изменений в экосистеме.

3.1.2. Биоиндикация

Биоиндикация – это оценка состояния среды с помощью живых объектов. Живые объекты (или системы) – это клетки, организмы, популяции, сообщества. С их помощью может проводиться оценка как абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, соленость, содержание поллютантов и т.д.), так и биотических (благополучие организмов, их популяций и сообществ). Термин «биоиндикация» чаще используется в европейской научной литературе, а в американской его обычно заменяют аналогичным по смыслу названием «экоотоксикология». Часто задают вопрос: «Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами?»

По мнению Ван Штраалена (1998), существуют по крайней мере три случая, когда биоиндикация становится незаменимой:

- Фактор не может быть измерен.
- Фактор трудно измерить.
- Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать.

С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды.

Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Биоиндикация может быть специфической и неспецифической. Специфическая биоиндикация – изменения живой системы можно связать только с одним фактором среды (рис. 3.1.). Неспецифическая биоиндикация – различные факторы среды вызывают одну и ту же реакцию.

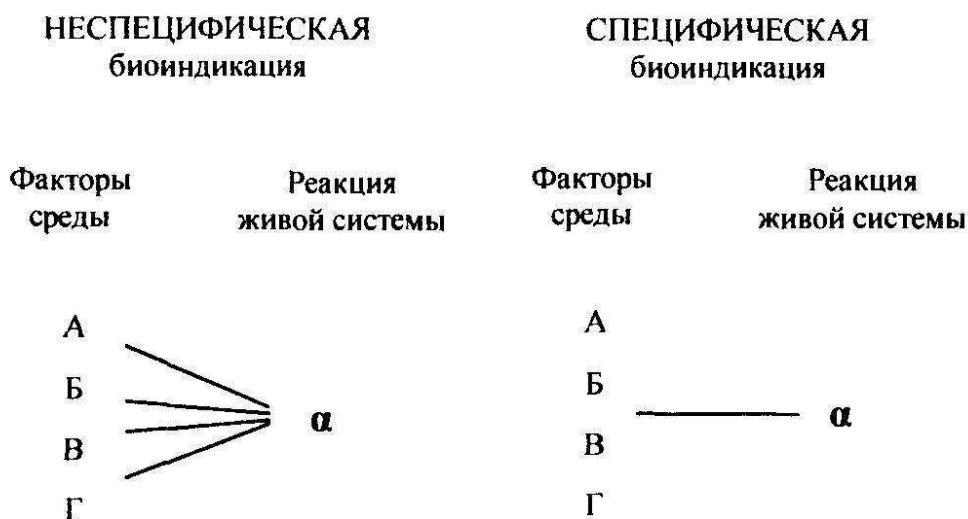


Рис. 3.1. Формы биоиндикации

При другом подходе различают прямую и косвенную биоиндикацию. О прямой биоиндикации говорят, когда фактор среды действует на биологический объект непосредственно (рис. 3.2.). Например, серебристые пятна на листьях табака возникают от прямого действия озона.

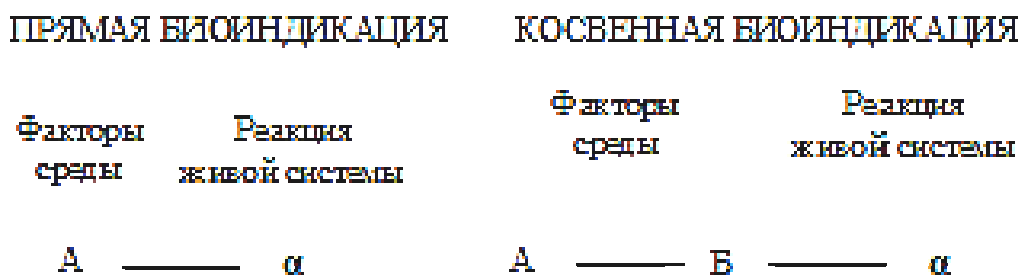


Рис.3.2. Прямая и косвенная биоиндикация

При косвенной биоиндикации фактор действует через изменение других (абиотических или биотических) факторов среды. Например, применение одного из гербицидов (2,2-дихлорпропионовой кислоты) на лугу ведет к уменьшению злаков в растительном покрове (с 55 до 12%) и, соответственно, увеличению разнотравья, что может рассматриваться как прямая биоиндикация. Эти изменения растительного покрова ведут к падению численности саранчовых и росту численности тлей. Изменение в соотношении двух групп насекомых – пример косвенной биоиндикации применения гербицида.

3.1.3 Биоиндикаторы

Биоиндикаторы – это биологические объекты (от клеток и биологических макромолекул до экосистем и биосферы), используемые для оценки состояния среды. Когда хотят подчеркнуть то, что биоиндикаторы могут принадлежать к разным уровням организации живого, употребляют термин «биоиндикаторные системы».

Критерии выбора биоиндикатора:

- быстрый ответ;
- надежность (ошибка <20%);
- простота;
- мониторинговые возможности (постоянно присутствующий в природе объект).

Типы биоиндикаторов:

1. Чувствительный. Быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы.
2. Аккумулятивный. Накапливает воздействия без проявляющихся нарушений.

Биоиндикаторы принято описывать с помощью двух характеристик: специфичность и чувствительность.

При низкой специфичности биоиндикатор реагирует на разные факторы, при высокой – только на один (см. примеры по специфической и неспецифической биоиндикации).

При низкой чувствительности биоиндикатор отвечает только на сильные отклонения фактора от нормы, при высокой – на незначительные. Тест-организмы – это биоиндикаторы (растения и животные), которых используют для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах.

Примеры тест-организмов:

- одноклеточные зеленые водоросли (хлорелла, требоуксия из лишайников и пр.);
- простейшие: инфузория-туфелька;
- членистоногие: рачки дафния и артемия;
- мхи: мниум;
- цветковые: злак плевел, кресс-салат.

Одно из основных требований к тест-организмам – это возможность получения культур из генетически однородных организмов. В таком случае отличия между опытом и контролем с большей вероятностью могут быть отнесены на счет нарушающего фактора, а не индивидуальных различий между особями.

3.1.4 Возможности биомониторинга в оценки состояния окружающей среды

Основное преимущество использования животных в качестве биоиндикаторов заключается в физиологической близости человеку. Основные препятствия в использовании животных для изучения состояния окружающей среды связаны со сложностью их обнаружения, поимки и определения вида, а также с длительностью морфо-анатомических наблюдений. Эксперименты с животными зачастую дороги, требуют многократной повторяемости эксперимента для получения статистически достоверных выводов.

Животные служат хорошими индикаторами состояния среды благодаря следующим особенностям:

- являясь консументами, они находятся на разных трофических уровнях экосистем и аккумулируют через пищевые цепи загрязняющие вещества;
- обладают активным обменом веществ, что способствует быстрому проявлению негативных факторов воздействия среды на организм;
- имеют хорошо дифференцированные ткани и органы, которые обладают разной способностью к накоплению токсических веществ и неоднозначностью физиологического отклика, что позволяет исследователю иметь широкий набор тестов на уровне тканей, органов и функций;
- сложные приспособления животных к условиям среды и четкие поведенческие реакции наиболее чувствительны к антропогенным изменениям, что дает возможность непосредственно наблюдать и анализировать быстрые отклики на оказываемое воздействие;
- за животными с коротким циклом развития и многочисленным потомством можно проводить ряд длительных наблюдений и проследивать воздействие фактора на последующие поколения, для долгоживущих можно выбрать особо чувствительные тесты в соответствии с особо уязвимыми этапами онтогенеза.

Оценка и прогнозирование состояния природной среды с помощью животных проводится на всех уровнях их организации.

На организменном уровне с помощью сравнительного анализа оцениваются морфо-анатомические, поведенческие и физиолого-биохимические показатели.

Морфо-анатомические показатели описывают особенности внешнего и внутреннего строения животных и их изменение под воздействием определенных факторов (депигментация, изменение покровов, структуры тканей и расположения органов, возникновение уродств, опухолей и других патологических проявлений).

Поведенческие и физиолого-биохимические параметры особенно

чувствительны к изменению внешней среды. Токсиканты, проникая в кости или кровь животного, сразу же воздействуют на функции, обеспечивающие жизнедеятельность.

На уровне популяции биоиндикация проводится в том случае, если процесс распространения негативных изменений охватывает такое количество особей, при котором заметно сокращается численность популяции, изменяется ее половозрастная структура, сокращается продолжительность жизни, происходит сдвиг фенологических фаз и др.

Экосистемный подход к оценке среды дает возможность ранней диагностики ее изменений. Сигналом тревоги служит разбалансировка продукционно-деструкционных процессов.

Диагностическими признаками таких сдвигов являются накопление органического вещества, заиление, зарастание водоемов, усиленное развитие микроорганизмов.

3.2. Биоиндикация на разных уровнях организации живого

Биоиндикация может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом. Признание этого факта – достижение современной теории биоиндикации.

На низших уровнях биоиндикации возможны прямые и специфические формы биоиндикации, на высших – лишь косвенные и неспецифические. Однако именно последние дают комплексную оценку влияния антропогенных воздействий на природу в целом.

Биоиндикация на клеточном уровне основана на узких пределах протекания биотических и физиологических реакций. Ее достоинства заключаются в высокой чувствительности к нарушениям, позволяющим выявить даже незначительные концентрации поллютантов, и выявить их быстро. Именно на этих уровнях возможно наиболее раннее выявление нарушений среды. К числу недостатков относится то, что биоиндикаторы-клетки и молекулы требуют сложной аппаратуры.

Например, аккумуляция вредных веществ.

Хорошим показателем загрязнения среды может служить повышенная концентрация поллютантов в клетках живых организмов. Так, накопление ртути в перьях птиц позволило с помощью чучел проследить динамику загрязнений ртутью. Обнаружено, что с начала 40-х годов XX века содержание ртути в перьях фазана, куропаток, сапсана и других увеличилось в 10–20 раз, по сравнению с 1840–1940 гг.

3.3. Фитоиндикация

Еще в древности некоторые виды растений использовали для поиска

руд и других полезных ископаемых. Повреждения растений дымом были отмечены в середине XIX века вокруг содовых фабрик Англии и Бельгии.

Преимущества биоиндикации на этом организменном уровне – это небольшие затраты труда и относительная дешевизна, поскольку не требуются специальные лаборатории и высокая квалификация персонала.

Применение растений в качестве биоиндикаторов называется фитоиндикацией, а данные биоиндикаторы – фитоиндикаторами.

Морфологические изменения растений, используемые в биоиндикации:

1. Изменения окраски листьев (неспецифическая, реже специфическая, реакция на различные поллютанты):

- Хлороз – бледная окраска листьев между жилками. Отмечали при избытке в почве тяжелых металлов и при газодымовом загрязнении воздуха.
- Пожелтение участков листьев. Характерно для лиственных деревьев при засолении почвы хлоридами.
- Покраснение, связанное с накоплением антоциана. Возникает под действием сернистого газа.
- Побурение или побронзовение. Часто означает начальную стадию некротических повреждений.
- Листья как бы пропитаны водой (как при морозных повреждениях). Возникает под действием ряда окислителей, например, пероксиацетилнитрата.
- Серебристая окраска листьев. Возникает под действием озона на листьях табака.

2. Некрозы – отмирание участков ткани листа, их форма иногда специфична.

- Точечные и пятнистые. Серебристые пятна на листьях табака сорта Bel W3 возникают под действием озона.
- Межжилковые – некроз тканей между боковыми жилками 1 порядка. Часто отмечаются при воздействии сернистого газа.
- Краевые. На листьях липы под влиянием соли (хлорида натрия), которой зимой посыпают городские улицы для таяния льда.
- «Рыбий скелет» – сочетание межжилковых и краевых некрозов.
- Верхушечные некрозы. У однодольных покрытосеменных и хвойных растений. Например, хвоинки пихты и сосны после действия сернистого газа становятся на вершине бурыми, верхушки листьев гладиолусов после окулировки фтористым водородом становятся белыми.

3. Преждевременное увядание. Под действием этилена в теплицах не раскрываются цветки у гвоздики, увядают лепестки орхидей. Сернистый газ вызывает обратимое увядание листьев малины.

4. Дефолиация – опадание листвы. Обычно наблюдается после некрозов и

хлорозов. Например, осыпание хвои у ели и сосны при газодымовом загрязнении воздуха, листьев лип и конских каштанов – от соли для таяния льда, крыжовника и смородины – под действием сернистого газа.

5. Изменения размеров органов обычно неспецифичны. Например, хвоя сосны вблизи заводов удобрений удлиняется от нитратов и укорачивается от сернистого газа. У ягодных кустарников дым вызывает уменьшение размеров листьев.

6. Изменения формы, количества и положения органов. Аномальную форму листьев отмечали после радиоактивного облучения.

7. Изменение жизненной формы растения.

8. Изменение плодovitости. Обнаружено у многих растений. Например, при действии поллютантов уменьшается образование плодовых тел у грибов, снижается продуктивность у черники и ели. Некоторые виды лишайников не образуют плодовых тел в сильно загрязненном воздухе, но способны размножаться вегетативно.

Примеры фитоиндикации

Растения:

1. Мониторинг озона по табаку BEL W3. Этот сорт табака специально выведен для биоиндикации. Уже при слабом воздействии озона через несколько дней на всей листовой пластинке образуются некротические пятна серебристого цвета. Для сравнения одновременно высаживают устойчивый к озону сорт Bel B.

2. Мониторинг загрязнения почвы и воздуха с помощью кресс-салата. Семена проращивают в чашках Петри на фильтрах или исследуемой почве. Наблюдение длится 10 дней. При наличии вредных веществ снижается процент всхожести семян и уменьшается скорость роста зародышевых корешков. У растений, высаженных в открытом грунте в городских центрах с интенсивным движением транспорта, под влиянием газовых выбросов отчетливо снижается длина проростков.

3. Индикация соли (применяемой для таяния льда) по листе липы. Сначала возникают ярко-желтые неравномерно расположенные краевые зоны, затем край листа отмирает, а желтая зона передвигается к середине и основанию листа. Разработана бонитировочная шкала, позволяющая по степени нарушения листовых пластинок оценить уровень засоления почвы. Метод ограничен во времени второй половиной лета.

4. Индикация общего газодымового загрязнения по продолжительности жизни хвои. Для определения у 25 взрослых деревьев ели из средней части кроны вырезают по 1 ветви. Определяют среднее количество хвоинок на побегах разного возраста. Поскольку хвоинки живут в норме 4 года, то четырехлетние побеги должны быть покрыты хвоинками. При загрязнении продолжительность жизни хвои сокращается вплоть до одного года, соответственно большая часть ветвей оголена, а хвоинки остаются лишь на концах ветвей.

В зависимости от особенностей реакции на влияние поллютантов растения разделяют на растения-индикаторы и растения-мониторы.

Растение-индикатор – растение, у которого признаки повреждения проявляются при влиянии фитотоксичной концентрации загрязняющих веществ или их смеси.

Растение-индикатор служит химическим сенсором, который может обнаружить в воздухе присутствие загрязняющего вещества, но наблюдения за ним не дают возможности получить количественные данные.

Индикаторами могут быть такие растения, которые аккумулируют в тканях загрязняющее вещество или продукты метаболизма, образованные вследствие взаимодействия растения с внешними факторами: тяжелыми металлами (свинец и кадмий), газообразными веществами, такими как фтористый водород (HF) или сульфат (SO_4^{2-}). Вследствие их действия у растений могут изменяться параметры развития: скорость и качество роста и созревания, цветения, образования плодов и семян, процессов размножения; снижаться продуктивность и урожайность. Каждый параметр в отдельности или их комплекс можно использовать, чтобы определить наличие загрязняющих веществ в воздухе и (с помощью проведения опытов) в контролируемых условиях для того, чтобы сопоставить признаки повреждения или изменения в состоянии растения с наличием определенного загрязняющего вещества или их смеси. Такие исследования удостоверили, например, что табак очень чувствительный к действию озона и реагирует характерными повреждениями. Также выявлено, что количество завязи и урожайность помидор значительно уменьшаются при хроническом влиянии на это растение озона в низких концентрациях. У соевых бобов за действия определенных доз SO_2 появляются нежелательные признаки, изменяются скорость роста и урожайность.

Лишайники и мхи известны как накопительские загрязняющих веществ, преимущественно тяжелых металлов, которые эти растения могут аккумулировать в количествах, которые значительно превышают их концентрацию в окружающей среде.

Итак, появление у растений типичного признака повреждения указывает на наличие в воздухе загрязняющего вещества или их смеси.

Учитывая важность количественной оценки, в особенности информативными являются организмы, которые определенным образом реагируют именно на количество поллютанта в окружающей среде, то есть растения-мониторы.

Растение-монитор – растение, по признакам повреждения которого можно получить информацию о количестве загрязняющих веществ или их смеси в окружающей среде.

Конечно, с этой целью используют разнообразные приборы. Однако

приборы стоят очень дорого, для их работы необходимы калибровка, наблюдения за функционированием. Иногда они весьма чувствительны и непригодны для работы в условиях сурового климата. В отличие от них растения дешевые, легко восстанавливаются, быстро размножаются и по-разному реагируют на влияние, давая возможность выбрать одну или несколько самых характерных реакций для определенного исследования. Можно также использовать короткоживущие (травянистые) растения, которые обновляются каждый сезон или несколько раз на протяжении одного вегетационного периода, или древесные растения (деревья, кустарники), которые можно высадить на нужных участках и использовать как индикаторы на протяжении длительного периода.

Для того чтобы индикатор стал монитором, то есть мог информировать о качественных и количественных характеристиках поллютанта, необходимо определить и использовать зависимости между реакцией растений на загрязнение и концентрацией этого вещества в окружающей среде. Для этого используют три основных способа:

- сопоставления степени повреждения, вызванного загрязняющим веществом, с известной концентрацией загрязняющего вещества в окружающей среде;
- использования растения как живого коллектора (накопителя загрязняющих веществ);
- измерения количества загрязняющего вещества или метаболитов (новообразовавшихся веществ), которые появились в растительных тканях после действия поллютанта, и сопоставления полученных значений с концентрацией загрязняющего вещества в воздухе.

Поскольку вследствие присущей растениям изменчивости виды и сорта растений по-разному реагируют на влияние отрицательных факторов, следует отбирать те растения, реакция которых предвидена. Такими являются мхи, папоротники, голо- и покрытосеменные, которые используют как биоиндикаторы и (или) биомониторы.

3.4. Лихеноиндикация

Лихеноиндикация – комплекс методов, позволяющих с помощью лишайников определить общий уровень содержания основных загрязняющих веществ в атмосфере и почве.

Лихеноиндикация, как и все методы биоиндикации, опирается на закон экологической индивидуальности видов. Виды реагируют на определенные факторы внешней среды по-разному. Каждый вид характеризуется индивидуальной толерантностью, индивидуальной экологической амплитудой.

В течение 130 лет развития методов лихеноиндикации накоплен обширный фактический материал, характеризующий реакцию нескольких

сотен видов лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников, объединить виды в классы полеотолерантности, т.е. в группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрацию в атмосферном воздухе и почве. Экологических рядов выносливости (типологии) лишайников в отношении степени загрязненности воздуха составлено множество. Они основаны на регистрации видового состава (жизненности, покрытия и обилия видов) на территориях с различной загрязненностью воздуха.

В 1970г. появилась типология лишайников английских лихенологов Хоксваса и Роуза по их чувствительности к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы. Она широко используется в последние годы в лихеноиндикации. В нашей стране наиболее популярна типология полеотолерантности Х.Х.Трасса.

Известно, что на антропогенно измененные жизненные условия реагируют не только отдельные виды, но и целые их группировки, образующие биоценозы и их структурные части. Если такие группировки образованы из видов, принадлежащих к одной или нескольким экологически близким жизненным формам и заселяющих более или менее гомогенные части местообитания (экотопа), говорят о синузиях. Так различные синузии образуют лишайники на стволах деревьев, на пнях, скалах, заборах, стенах домов, камнях, почвах. Для индикации загрязнений изучают распространение и экологию не только отдельных видов лишайников, но и их группировок – синузий. По индексам полеотолерантности лишеносинузий проводят оценку загрязненности различных районов города и лихенологическое картографирование.

Лихеноиндикация является достаточно точным, простым и дешевым методом исследования окружающей среды, но она не может заменить химических, физико-химических и физических методов мониторинга. Лишь комплексное применение перечисленных методов исследования позволяет получить информацию, всесторонне характеризующую состояние и динамику изменения окружающей среды.

Один из ведущих лихенологов Х.Х.Трасс разделил методы лихеноиндикации на 3 группы:

- методы, основанные на изучении изменений, происходящих в лишайниках под влиянием загрязнений;
- методы, основанные на изучении изменений видового состава лишайников, происходящих под влиянием загрязнений;
- методы изучения лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт.

При использовании методов первой группы выбирают индикаторный

вид, наиболее чувствительный к какому-либо загрязнению и следят за такими параметрами растения как кислотность и электропроводность клеточного сока, содержание хлорофилла в лишайниковых водорослях, содержание серы, железа, ртути, кадмия и других поллютантов в слоевище лишайника и т.д.

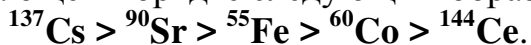
Для изучения воздействия различных загрязнителей на лишайники широко используются различные способы трансплантации – искусственного переноса лишайников из чистых в загрязненные территории. Напочвенные лишайники переносят вместе с почвой, вырезая участки размером 20х20 см или 50х50 см. Кустистые виды можно переносить в специальных пластмассовых горшочках или подвешивать в сеточках. Эпифитные виды переносят вместе с ветками или кусочками коры, на которых они росли.

В зависимости от того, как быстро появляются различные изменения у самых чувствительных видов, судят о силе антропогенного воздействия.

В загрязненном районе кору и ветки с лишайниками прикрепляют на деревья тех же пород, что и деревья, с которых они были взяты или на специальные доски и столбы. Пересадка дает сведения об индивидуальной устойчивости видов к конкретным загрязнителям или их комбинациям. Для объективной оценки воздействия отдельных загрязнителей на лишайники ставят специальные лабораторные опыты, при проведении которых лишайники подвергаются воздействию загрязняющего вещества в разных концентрациях и с различной продолжительностью экспонирования. Установлено, что лишайники могут накапливать в своем слоевище более тридцати различных элементов: Hg, Cd, Fe, Pb, F, As, Se, Cu, Zn, V, Cr, Sr и др.

Равновесие между содержанием элементов в лишайнике и в окружающей среде достигается примерно за 15 месяцев.

Установлено, что лишайники интенсивно накапливают радионуклиды (в десять раз больше, чем травянистые растения). По степени накопления лишайниками радионуклиды располагаются в убывающем порядке следующим образом:



Кустистые лишайники накапливают больше изотопов, чем листоватые или накипные, поэтому для контроля за радиоактивностью в атмосфере лучше использовать именно эти виды. Напочвенные лишайники накапливают в основном цезий и кобальт, а эпифиты – преимущественно стронций и железо.

Выносливость лишайников, относящихся к различным систематическим группам, при действии на них воздушных загрязнений не одинакова.

Чем выше концентрация загрязняющих веществ в воздухе, тем беднее видовой состав лишайников.

По реакции к загрязнению воздуха виды лишайников делят на три категории:

- 1) самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения;
- 2) среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был чистым;
- 3) самые выносливые, к загрязнению (накипные лишайники из рода леканора и листоватые из родов ксантория и фисция).

На основе индивидуальных особенностей лишайников были разработаны шкалы полеотолерантности лишайников для различных стран (Англия, Норвегия, Голландия, Австрия, Эстония).

Шкала полеотолерантности эпифитных лишайников Эстонии (Х. Трасс) включает десять классов. В 1-й, 2-й и 3-й классы входят лишайники, встречающиеся только в природных ландшафтах (в лесах, болотах, вдали от населенных пунктов) и в слабо окультуренной местности (в лесных массивах рядом с населенными пунктами, лугах). В 4-й, 5-й и 6-й классы включены лишайники, более или менее часто встречающиеся в умеренно окультуренном ландшафте (поселках, малых городах, парках, окрестностях больших городов и кладбищах). Классы 7 – 10 объединяют те виды лишайников, которые распространены в сильно окультуренных районах (средних и больших городах).

Для того чтобы установить местную принадлежность вида к классу полеотолерантности, все его местонахождения распределяются по типам местообитаний. Когда все данные об определенном виде распределены по типам местообитаний, вырисовывается кривая локального поведения $\bar{A}$ вида на обобщенной трансекте от чистых до загрязненных местообитаний. Классом полеотолерантности данного вида считается тот класс, где вид наиболее часто встречается и имеет наивысшее покрытие и жизнеспособность. В конце 60-х годов в Эстонии и Канаде были разработаны методы лишеноиндикационного картирования загрязненности атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок (синузий) и вычисления индексов полеотолерантности, отражающих влияние загрязнения на лишайники:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{AiCi}{Cn},$$

где n – количество видов на площадке описания, Ai – класс полеотолерантности вида, Ci – покрытие вида, Cn суммарное покрытие видов. Индекс полеотолерантности вычисляется на деревьях для четырех небольших площадок (40x40) в двух экспозициях (в направлении источника загрязнения и на противоположной стороне ствола) на двух высотах (у основания ствола и на высоте 1,4-1,6 м). Для описания лишайников отбираются деревья диаметром ствола 0,5-1 м. Следует

избегать придорожные деревья, так как лишайники на этих деревьях подвергаются дополнительному воздействию антропогенных факторов, по сравнению с деревьями, растущими далеко от дорог. Оценка покрытия дается по 10-ти бальной шкале (табл.3.1.).

Значения ИП колеблются между 0 и 10. Чем больше значение ИП, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. В зависимости от точности работы на индикационных картах можно выделить различное число изотоксичных зон.

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оценка покрытия, %	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Таблица 3.1. Шкала покрытия вида (ов)

Значения ИП, скоррелированные со средним годовым содержанием SO_2 в воздухе, представлены в таблице 3.2.

ИП	Концентрация SO_2 , мг/м ³	Зона
1-2	-	Нормальная
2-5	0,01 - 0,03	Смешанная
5-7	0,03 - 0,08	Смешанная
7-10	0,08 - 0,10	Борьбы
10	0,10 - 0,30	Борьбы
0	> 0,3	“Лишайниковая пустыня”

Таблица 3.2. Индексы полеотолерантности (ИП) и средние годовые концентрации SO_2 .

Лихеноиндикационные исследования должны включать следующие основные этапы:

- изучение всей флоры лишайников территории и ее ближайших окрестностей; на основе повторных инвентаризаций флор устанавливаются изменения состояния атмосферы;
- составление лихеноиндикационной карты на основе анализа эпифитных лишеносинузий и вычисления индексов полеотолерантности;
- заложение постоянных площадок для слежения за изменением различных биологических, физиологических и биохимических параметров у тест-видов (скорость роста, интенсивность роста, интенсивность газообмена, состояние фотосинтезирующего аппарата и др.) площадки закладываются в различных по состоянию загрязнения атмосферы зонах;

- опыты по трансплантации; для трансплантации эпифитных лишайников используются диски коры деревьев диаметром 4–6 см; наблюдения проводятся за анатомо-морфологическими, физиолого-биохимическими и биологическими признаками, изменяющимися под влиянием загрязняющих веществ.

Существенное влияние на развитие лишайникового слоевища, начиная с начального его этапа, оказывает загрязнение атмосферы или почвы. Особенно чувствительны к загрязнению атмосферы прорастающие споры лишайников. При больших концентрациях диоксида серы в атмосферном воздухе лишайники преждевременно стареют. Симптомы старения описаны на примере листоватых лишайников пармелии скальной, пармелии ярко-зеленеющей и ксантории настенной. Колонии этих отрганизмов приобретают специфическое очертание полумесяца, потому что центральные части их слоевищ отстают от субстрата и выпадают, хотя края лопастей скорости роста не снижают. Обычно по мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, зато обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвета, их талломы сморщиваются и растения погибают.

Изменению внешнего вида лишайников способствует накопление некоторых металлов в слоевищах. Так, при накоплении железа слоевище лишайников приобретает коричневый оттенок, меди – зеленый.

На высокие концентрации цинка разные лишайники реагируют по-разному. Например, у кладонии шиловидной подеции становятся раздутыми, с искривленными чешуйками. Другой лишайник, дихлос хистес неровный, при концентрации цинка, превышающей 9% на 1 кг сухого вещества растения, лишь слегка темнеет.

Изучение лишайниковой флоры в городах и вблизи от крупных промышленных объектов показало, что некоторые лишайники удивительно устойчивы к загрязнению. Так, леканора конизоидная распространена именно в промышленных районах и вне городов почти не встречается.

Очень выносливы к загрязнению леканора хагена и некоторые цетрарии.

Таким образом, лишайники являются интегральным индикатором состояния среды и косвенно отражают общую «благоприятность» комплекса абиотических факторов среды на биотические.

Кроме того, большинство химических соединений, негативно влияющих на флору лишайников, входят в состав основных химических элементов и соединений, содержащихся в выбросах большинства промышленных производств, что позволяет использовать лишайники именно в качестве индикаторов антропогенной нагрузки. Все это предопределило использование лишайников и лишайноиндикации в системе

глобального мониторинга состояния окружающей среды.

3.5. Биоиндикация с использованием в качестве биоиндикаторов животных

Наблюдать за изменениями животных в нарушенной среде значительно сложнее, чем за неподвижными растениями. Более доступны насекомые и моллюски. Эти группы чаще других и используют в целях биоиндикации.

1. Морфологические изменения (размеров, пропорций, покровов, окраски, уродства):

Например, уродства. Под действием ксенобиотиков (дизельного топлива, ДДТ и др.) возникают нарушения формообразующих процессов в онтогенезе насекомых. В опытах доля аномальных бабочек огневки выросла от 5 до 35% при добавлении в пищу PbO.

Исследование рыб (плотва, лещ, карась и др.) в р. Москве в пределах города выявило следующие уродства: нарушение формы тела, искривление позвоночника, нарушение пигментации, «оплавление» лучей спинного плавника, редукцию плавников, «мопсовидность» головы, слепоту, редукцию зрачка, бельмо на глазу, выпуклость глаз, ожирение, длиннохвостость и пр. У плотвы доля особей с уродствами (иногда несколькими сразу) колебалась от 10 до 70%;

2. Физиологические изменения.

3. Размножение. Плодовитость обычно падает, например: у тлей и непарного шелкопряда при окулировании их сернистым газом или у птиц при действии тяжелых металлов и ДДТ уменьшается кладка; повышается смертность зародышей и птенцов.

Иногда плодовитость повышается, например, в лабораторных условиях в качестве тест-организмов могут быть использованы саранчовые. При действии хлорида ртути у этих видов возрастает число яиц в кладке, при действии мочевины ($>0,055$ г/кг почвы) уменьшается число яиц в кладке и количество кладок.

4. Продолжительность жизни

5. Поведение – это чувствительный индикатор нарушений в среде.

Например, у крабов (*Pachygrapsus*) после воздействия масляного экстракта (результат утечки горючего) нарушается половое поведение: самцы не реагируют на самок.

3.6. Биоиндикация в различных средах

Как и в случае физико-химических методов экоаналитического контроля, при биоиндикации существуют определенные ее особенности в

зависимости от исследуемой среды.

3.6.1. Биоиндикация в наземно-воздушной среде

Воздух – материальная среда, которая окружает большинство живых организмов и определяет их существование. С одной стороны, воздух является источником воздушного питания биоты, из воздуха все живые организмы получают кислород, необходимый для процессов жизнедеятельности. С другой необходимо учитывать изменение условий местообитания, и прежде всего температурного и водного режимов, обусловленное передвижением воздуха. Поэтому воздух является важнейшим как прямо, так и косвенно действующим экологическим фактором. Движение воздуха влияет на особенности анатомо-морфологического строения и хода физиологических процессов в организмах. В обобщенном виде воздействие его, например, на растения можно представить следующим образом:

- 1) механическое воздействие: ветровалы, деформация роста (эксцентричный прирост, наклон стволов, флагообразная крона), снежная коррозия;
- 2) влияние на ход физиологических процессов. Усиление ксероморфизации признаков;
- 3) анемофилия: приспособления, облегчающие перенос пыльцы ветром: раннее цветение, особое устройство соцветий, форма и размеры пыльцы;
- 4) анемохория: развитие приспособлений для распространения семян с помощью ветра, форма и размеры плодов, увеличивающие парусность.

Одним из наиболее распространенных видов загрязнений природной среды являются выбросы в атмосферу токсичных газообразных соединений. Основными из них считаются: двуокись серы, окись углерода, фтористый водород, сероводород, окислы азота, хлористый водород и др.

Поступление их в атмосферу связано с деятельностью различных предприятий, сжиганием мусора и выбросами автотранспорта.

Растительный покров как важная составная биосферы отображает ее общее состояние и ход почти всех процессов, которые происходят на планете. Жизнь на Земле было бы невозможна без непрерывного процесса фотосинтеза, который происходит в зеленых частях растений, которые являются основным стабилизатором углекисло-кислородного баланса воздушного бассейна. Растения как важный компонент биогеоценоза заметно влияют на другие его элементы, оказывают содействие формированию почвенного покрова, влияют на химизм почвы и ее плодородие, а также на жизнь всех животных и живых организмов, одновременно реагируя на все внешние факторы.

Хорошими индикаторами загрязнения воздушной среды являются растения, поскольку они в большей степени поражаются загрязненным воздухом и сильнее реагируют на те концентрации большинства вредных

примесей, которые у людей и животных не оставляют видимых явлений отравления. Действие газовых поллютантов на растения зависит от вида вредных веществ, концентрации загрязняющих веществ, длительности воздействия, относительной восприимчивости видов растений к действию газов и стадии физиологического развития, в которой находится растение в момент воздействия вредных веществ.

Токсичные газы проникают в мезофилл листа главным образом через устьица. Попадая в подустичную полость и диффундируя через межклеточные пространства, они растворяются в межфибриллярной воде клеточной стенки, образуя соединения, разрушающие наружную клеточную мембрану. Повреждения мембран проявляются в их повышенной проницаемости, в изменении рН и редокс-потенциала. Изменение свойств биомембран может приводить к трансформации ферментативного обмена, сдвигам в содержании неорганических ионов и низкомолекулярных веществ.

Первые нарушения в анатомическом строении прослеживаются в строении хлоропластов.

На ранних стадиях повреждений наблюдаются округление хлоропластов, редукция гран, разрушение оболочки хлоропластов, раздувание тилакоидной системы. В дальнейшем отмечаются разрушение цитоплазмы и сжатие клетки. Кроме того, в хлоропластах возможны появление липидоподобных капель, изменения очертаний клеточных органелл, растяжение оболочек хлоропластов, раздувание и закручивание тилакоидов. Выделяют три стадии повреждений хвои ели и сосны: повреждаются только хлоропласты, повреждаются и другие органеллы, органеллы исчезают или превращаются в бесструктурную массу.

Интенсивность воздействия кислотных осадков зависит от смачиваемости поверхности растений. Смачиваемость, в свою очередь, определяется рельефом кутикулы, наличием кроющих волосков, тургором листа, характером поверхности и морфологии эпикутикулярного воска. Степень повреждения фитомассы изменяется в зависимости от видовой принадлежности. Так, кутикула листьев тополя *Populus sp.*, сосны *Pinus sylvestris* не разрушается от воздействия SO_2 . Некоторые виды увеличивают восковой налет при загрязнении воздуха: плевел *Lolium perenne*, горох *Pisum sativum*, рапс *Brassica* тара характеризуются увеличением числа мелких пластинок и трубочек воска на единицу поверхности. У фасоли *Phaseolus vulgaris*, наоборот, происходит уменьшение количества эпикутикулярного воска. При воздействии кислотных осадков наблюдается разрушение воскового налета у сосны обыкновенной. В нормальных условиях естественное разрушение воскового покрова хвои наступает на 4-5-й год, при воздействии кислотных осадков этот процесс проходит в 2-5 раз быстрее, поэтому вокруг устьиц восковой налет отсутствует даже на хвое 1-2-летнего возраста. Поскольку

процесс разрушения воскового покрова необратим, это приводит к резкому снижению жизненности хвои. При биоиндикационных исследованиях и анализе реакции организма на воздействие загрязнения воздуха следует различать газоустойчивость и газочувствительность растений.

Газоустойчивость – способность сохранять свойственные организму процессы жизнедеятельности и семенного воспроизводства в условиях загрязнения газами и парами атмосферного воздуха. Уровень газоустойчивости вида или особи оценивается по предельным концентрациям токсичного вещества, которые не вызывают функциональных и структурных нарушений в организме в период наивысшей физиологической активности и чувствительности к действующим атмосферным примесям.

Газочувствительность – реакция организма на воздействие загрязняющего вещества в конкретный период его развития. Выделяют следующие формы газоустойчивости.

1. Анатомическая. К приспособлениям, снижающим воздействие токсичных газов, относятся: ксероформные признаки – утолщение эпидермиса, развитие кутикулы, воскового налета, опушения, плотное сложение тканей, наличие пробкового слоя при слабом развитии паренхимы.
2. Физиологическая. Включает изменения в фотосинтезе, дыхании, работе устьиц и изменение интенсивности транспирации, снижение интенсивности газообмена.
3. Биохимическая. Объединяет те особенности метаболизма, которые затрудняют или исключают повреждаемость ферментных систем, белкового и других обменов. Буферность цитоплазмы по отношению к подкисляющему действию сернистого газа, бесхлорофильность тканей.
4. Габитуальная. Включает особенности строения кроны, ветвления и высоты, надземных частей, уменьшающих контакт листьев и цветков с токсичными газами. Образование стланниковых и подушкообразных форм, пирамидальных крон деревьев.
5. Феноритмическая. Смещение и изменения в ходе фенологических фаз, преждевременное пожелтение и опадение листвы.
6. Анабиотическая. Представляет крайний случай физиологической газоустойчивости. К числу признаков этой формы относятся резкое сокращение газообмена и значительные анатомические изменения у зимующих видов деревьев и кустарников.
7. Регенерационная. Способность повторного облиствления и отрастания надземной фитомассы.
8. Популяционная. Включает изменения возрастного состава, модификации особей, полиморфизм.
9. Фитоценотическая. Объединяет признаки растительных сообществ, снижающие токсичное воздействие газов: структура ярусов, густота

насаждений, особенности горизонтального и вертикального строения фитоценозов.

Сила реакции организмов на действие поллютантов зависит от особенностей внешней среды, биологических и систематических особенностей самих организмов, их фенологического состояния, возраста и т. д.

Освещенность, температура, влажность и минеральное питание оказывают существенное влияние на чувствительность растений к загрязняющим газам. Решающим образом влияют на газочувствительность влажность воздуха и освещенность. При высокой влажности воздуха и почвы растения становятся более чувствительными к токсическому воздействию. В условиях затенения и в ночные часы повреждаемость листьев резко снижается, что связано, прежде всего, с интенсивностью освещения и температурой воздуха. Установлено, что устойчивость растений к воздействию SO_2 может возрастать в ночные часы в 4 раза. Дневное похолодание может вызвать значительное снижение токсичности газов. Затенение также способно полностью снимать губительное воздействие газообразных токсикантов. Летом и весной растения менее устойчивы, чем осенью и зимой.

Однако зимняя оттепель способна резко снижать устойчивость древесных пород.

Биологические особенности, снижающие, газочувствительность. Поглощение токсичных газов является функцией градиента концентраций, направленных от поверхности внутрь листа, и сопротивления к токсикантам. Сопротивление, в свою очередь, складывается из:

- 1) аэродинамического – особенностей структуры кроны, расположения ветвей и листьев, наличия опушения надземной массы и др.;
- 2) кутикулярного – развития мощных покровных тканей, препятствующих проникновению поллютантов;
- 3) устьичного – подвядания листьев, снижающего повреждаемость тканей;
- 4) внутреннего – плотной структуры тканей, биохимической устойчивости к загрязняющему веществу.

Снижению газочувствительности способствует ксероморфная структура – плотное сложение тканей, образование мощных покровных тканей, развитие кутикулы, воскового налета и т.д.

Световые листья менее чувствительны к воздействию воздушных токсикантов, чем теневые.

Большое значение при определении газоустойчивости имеет возраст листьев и особей. В жизни растений выделяется несколько критических периодов, когда они наиболее чувствительны к воздействию токсикантов: появление всходов, зимовка однолетних семян, раскрытие почек, распускание цветков, созревание плодов.

Большое значение при определении чувствительности видов имеет

неоднородность популяции. У растений возможны быстрая адаптация и формирование структуры, устойчивой к поллютантам.

В биоиндикационных исследованиях необходимо учитывать систематическую принадлежность видов и изменение степени их газоустойчивости. По степени уменьшения устойчивости к смеси нефтяных газов и SO₂ располагают виды в следующий ряд: тополь бальзамический *Populus balsamifera* – липа мелколиственная *Tilia cordata* – желтая акация *Caragana arborescens* – береза пушистая *Betula pubescens* – ясень *Fraxinus excelsior* – клен *Acer campestre*. При воздействии SO₂ особую устойчивость имеют: чубушник венечный *Philadelphus coronarius*, роза морщинистая *Rosa rugosa*, дерен белый *Swida alba*. Низкой устойчивостью характеризуются: лиственница сибирская *Larix sibirica*, пихта сибирская *Abies sibirica*, кизильник блестящий *Cotoneaster lucidus*.

Учитывая особенности газочувствительности и газоустойчивости растений, в качестве биоиндикационных признаков можно использовать различные специфические и неспецифические признаки.

Специфическая индикация аэротехногенного загрязнения может проводиться по различным биохимическим и физиологическим реакциям. Основными индикаторными признаками, отражающими стрессовую нагрузку, являются:

1. Изменение активности ферментов.
2. Разрушение пигментов в листьях растений под действием аэротехногенного загрязнения. Хорошо изучено снижение количества хлорофилла, прежде всего хлорофилла а. В качестве индикатора используется изменение соотношения хлорофилл а/хлорофилл b.
3. Изменение количества и соотношения каротиноидов. При воздействии SO₂ увеличивается содержание лютеина и уменьшается количество р-каротина.
4. Преждевременное появление гормонов старения – этилена и абсцизовой кислоты.
5. Изменение минерального обмена. Индикаторными признаками являются изменение содержания жирных кислот, увеличение содержания сахарозы и глюкозы.

Интегральным признаком токсического воздействия является снижение биопродуктивности и запасов биомассы. При оценке ее изменения на этом уровне могут быть использованы величины радиального и линейного прироста древесных пород, изменение суммарной длины листовых пластинок у розеточных форм травянистых видов. Возможен учет наземной и подземной биомассы растительности с определенной единицы площади или биомассы особей исследуемого индикаторного вида. Хорошим индикатором загрязнения атмосферного воздуха является снижение проективного покрытия или полное исчезновение эпифитных лишайников. Общее проективное покрытие

лишайников в зоне воздействия промышленных выбросов уменьшалось по сравнению с фоновым: на расстоянии 30 км от источника выбросов – в 4 раза; в 15 км – оно составляло 1/100 от фонового, а на расстоянии 3 км лишайники, обнаруженные на фоновой территории, вообще отсутствовали.

В качестве индикатора может быть использовано изменение плодovitости организмов. При загрязнении воздуха происходит уменьшение образования плодовых тел у лишайников, увеличение количества стерильных цветков в соцветиях растений, изменение биопродуктивности ягодников (черники, брусники, клюквы). Отмечается уменьшение числа яиц в кладках птиц, изменяется репродуктивность насекомых, земноводных и других групп животных.

Некоторые сорта садовой фасоли *Phaseolus vulgaris* очень чувствительны к воздействию O_3 . Под действием поллютанта на более старых листьях появляется ожог и/или зернистость с последующим хлорозом и опадением листьев.

В качестве биоиндикаторов загрязнения O_3 рекомендуется использовать также некоторые сорта винограда лабруска *Vitis labrusca*. Повреждение оценивается по площади листовой поверхности, на которой появляются маленькие пурпурно-черные точки. Со временем эти точки сливаются, образуя пятна. В конечном итоге листья становятся хлорозными, буреют и могут отмереть. Толерантность листьев зависит от их возраста: чем старше лист, тем более он чувствителен к воздействию O_3 .

В качестве индикатора повышенного содержания в воздухе O_3 можно использовать Веймутову сосну *Pinus strobus*. Показателем загрязнения служат повреждение игл или побегов и изменение вторичного радиального прироста ствола. Хлороз кончиков игл, их крапчатость, потеря и задержка роста – характерные признаки воздействия O_3 ; высокие концентрации поллютанта вызывают сильный ожог кончиков хвои и появление бурой окраски. При невысоком загрязнении воздуха поражается молодая развивающаяся ткань хвои, сопровождающаяся развитием на кончиках самых молодых чувствительных игл хлоротической пятнистости, распространяющейся на более старые иглы. В дальнейшем начинается опадание хвои, так что сильно поврежденные деревья могут потерять всю зрелую хвою, сохранив лишь пучки незрелых хвоинок на концах веток.

Смесь O_3 и SO_2 индицирует появление низкорослых деревьев с угнетенными верхушками и корнями, короткими скрученными пятнистыми иглами и преждевременной дефолиацией. Такое изменение роста получило название синдрома хлоротической карликовости. Воздействие SO_2 может вызвать изменение цвета концов игл на красный, а затем буровато-серый, могут появиться отдельные желтые пятна – мозаичность хвои. Неоднократное окуливание SO_2 ослабляет деревья и приводит к их отмиранию. Обычно воздействие его в условиях гумидного климата усугубляется также выпадением кислотных дождей. Повреждение точек

роста зачастую приводит в появлению морфологических эндемий. К индикаторам загрязнения воздуха SO_2 относятся сосна Веймутова *Pinus strobus*, сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*, тополь осинообразный *Populus tremuloides*.

Большинство древесных пород устойчивы к воздействию ПАН. При оценке загрязнения атмосферного воздуха ПАН наибольшей индикаторной значимостью отличаются салат посевной *Lactuca sativa*, свекла *Beta chilensis*, мятлик однолетний *Poa annua*. Листья этих растений чувствительны к ПАН, но устойчивы к воздействию O_3 . Первым признаком их повреждения является водянистость или глянцеvitость нижней поверхности листа. При продолжении воздействия клетки губчатого мезофилла, расположенные вблизи устьиц, сжимаются и замещаются воздушными полостями, придавая нижней поверхности поврежденного листа серебристую окраску. Через два-три дня серебристый цвет может смениться на бронзовый. Другим индикатором воздействия ПАН служит «фасциация» – полосчатое расположение поврежденных тканей. Она появляется сначала на верхушках молодых листьев, затем при повторном воздействии реакция повторяется, так что на листе образуется вторая серия полос, отделенная от первой здоровой тканью. После нескольких воздействий лист поражается полностью.

Токсичность окислов азота определяется главным образом их способностью к кислотообразованию. Появление признаков повреждения при 24-часовом окуливании на листьях чувствительных растений отмечается при концентрации NO_2 около $1,0 \text{ млн}^{-1}$. Исследование 60 видов растений при воздействии на них смесью 1:1 NO и NO_2 с концентрацией 6 млн в течение 4-8 часов показало, что к наиболее чувствительным видам относятся горчица *Sinapis arvensis*, горох *Pisum sativum*, кустовая фасоль *Phaseolus vulgaris* и люцерна *Medicago sativa*. Однако эффективных индикаторов, обладающих специфической реакцией, для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха обнаружено не было.

Загрязнение воздуха выхлопными газами индицируется с помощью кресс-салата. При использовании этого тест-объекта определяются всхожесть и прирост зародышевых корешков 50 семян, размещенных на территории исследований в чашках Петри. Продолжительность исследований составляет 10 дней.

При постоянном воздействии токсичных газов происходит отбор наиболее устойчивых экземпляров и формирование на данной территории специфических популяций видов. Выявить их проще всего с помощью морфометрических исследований. Так, в районе Арнольдштайна в Германии отмечен низкорослый экотип полевицы *Agrostis stolonifera* с плотно сомкнутыми метелками, ограничивающими воздействие SO_2 (Kutschera-Mitter et al., 1982). В местах вулканической деятельности формируются природные устойчивые популяции растений, отличающиеся

повышенной толерантностью к токсичным газам. Исследования показывают, что японская лиственница устойчивее к воздействию SO_2 , чем европейская.

На флористическом, фаунистическом, биоритмическом и поведенческом уровнях наиболее показательными биоиндикационными признаками являются изменение годового состава и отбор устойчивых экотипов. В таежных биогеоценозах при воздействии токсичных газов наблюдается смена сосновых и еловых лесов на березовые. За счет разреженности крон, осветления лесов снижается количество сциофитов кислицы обыкновенной *Oxalis acetosella*, седмичника европейского *Trientalis europ*, щитовника игольчатого *Dryopteris spinulosa*, голокучника *Gymnocarpium dryopt*, *Thelipteris phaeopteris* и др., увеличивается доля гелиофитов земляники лесной *Fragaria vesca*, золотарника *Solidago virgaurea* и др.

В качестве биоиндикаторов загрязнения атмосферного воздуха широко используются лишайники. Наиболее чувствительной частью организма лишайника к действию SO_2 является симбиотическая водоросль. Установлено, что даже кратковременное действие сернистого газа в концентрации $0,5 \text{ мг/м}^3$ губительно для лишайников, а $0,1 \text{ мг/м}^3$ повреждает большинство видов. В зоне лишайниковой пустыни среднегодовая концентрация SO_2 обычно превышает $0,3 \text{ мг/м}^3$. В таких условиях может встречаться лишь лишайник *Lecan conizaeoides*, обладающий самой высокой устойчивостью. При средней концентрации сернистого газа в воздухе $0,05\text{--}0,2 \text{ мг/м}^3$ могут существовать виды лишайников родов *Xanthoria*, *Hypogymnia*, *Parmelia*, *Physcia*, *Lecanora*. Произрастание лишайников из родов *Ramalina*, *Usnea*, *Alectoria*, *Evernia* возможно при среднегодовом содержании SO_2 менее $0,05 \text{ мг/м}^3$, а *Lobaria pulmonaria* способна произрастать только в чистом воздухе. На эпифитных лишайниках четко прослеживается так называемый, городской эффект – уменьшение количества видов от периферии к центру города или с приближением к источникам загрязнения. При хроническом загрязнении воздуха происходят изменения в составе, структуре и строении фито- и зооценозов. При сильном загрязнении отмечаются деградация лесных сообществ и замена их на разреженные группировки вейника *Calamagrostis arundinaceae*. В районах Уральских медеплавильных заводов, выбрасывающих в атмосферу SO_2 , вырубки остаются безлесными, отсутствует возобновление лесов из-за гибели всходов. Происходит смыв почвенного покрова, образуются каменистые склоны с фрагментами горной степи или разреженные группировки вейника лесного *Calamagrostis arundinaceae*, пырея ползучего *Elytrigia repens*, покров из травянистого яруса лиственничников.

Вблизи источников выброса фтора отмечено формирование мертвопокровных лесов. Наиболее устойчивой древесной породой

является береза. Сосна сильно страдает при воздействии фтористых соединений, ее продуктивность и обилие снижаются, воспроизводимость сокращается.

Сосновые леса уступают место березовым. В связи с высокой устойчивостью в березовых лесах сохраняется сравнительно богатая фауна беспозвоночных. Основу составляют питающиеся березой насекомые и хищники, связанные с березой по звеньям пищевой цепи. Видовое разнообразие амфибий сокращается до 2 видов по сравнению с 6 видами на контроле. Численность мелких млекопитающих в зоне до 10 км от источника загрязнения фтором на порядок меньше, чем на контроле.

Перспективной группой по выявлению воздействия фтора являются муравьи. При хроническом загрязнении воздуха увеличивается количество покинутых муравейников. Муравьи переходят на подземный образ жизни, формируют жилища в россыпях камней. Лучшими биоиндикаторами фтористых выбросов являются пауки. Снижение разнообразия и численности пауков в местах выбросов фтора служит первым сигналом о неблагополучии лесного биогеоценоза.

Неблагоприятное воздействие фтора проявляется в угнетении почвенной микрофлоры, падении биологической активности почв, снижении азотфиксации и плодородия.

Изменения видового состава фито-, зоо- и микробоценозов приводят к изменениям всего биогеоценоза. Происходят нарушения в системе трофических связей. Через поедаемые растения, содержащие фтор, первыми страдают филлофаги, уменьшаются их численность, видовое разнообразие (пилильщики, тли, цикады, клопы и др.) Но на их развитие действуют два взаимосвязанных и противоположно направленных фактора: благоприятный (ослабление кормового растения) и неблагоприятный (токсичное действие газов). Поэтому вблизи источника загрязнения численность вредителей низка из-за токсичности газов. По мере удаления от источника загрязнения на ослабленных деревьях отмечается массовое распространение филлофагов, которое постепенно сокращается в связи с восстановлением сопротивляемости древесных пород. Многие исследователи подчеркивают, что численность вредителей может рассматриваться как биоиндикационный признак только в сочетании с другими характеристиками загрязнения, поскольку возможны локальные преобразования в сообществах беспозвоночных. Так, причиной массового развития тлей могут явиться муравьи, уничтожающие грызущих хищников тлей на стадии личинок.

3.6.2. Биоиндикация в водной среде

Основные задачи, которые решаются при оценке качества воды, могут быть объединены в три группы:

- угроза инфекционных заболеваний;
- токсичность;
- эвтрофикация.

Решение первой задачи достигается при мониторинге загрязнения водоемов сточными водами. Именно канализационные стоки могут содержать патогенные микроорганизмы – основной источник инфекций, передаваемых через воду. Поскольку патогенных микроорганизмов много, каждый выявлять трудоемко и нецелесообразно, разработан тест на кишечную палочку (*Escherichia coli*). Эта бактерия обитает в огромных количествах в толстой кишке человека и отсутствует во внешней среде. *E.coli* не патогенна и даже необходима человеку, но ее присутствие во внешней среде – индикатор неочищенных канализационных стоков, в которых могут быть и патогенные микробы.

Для анализа берут пробы воды объемом 100 мл и подсчитывают содержание в них *E.coli*. Результаты оценивают по табл. 3.3.

Подавляющее большинство тестов токсичности воды в биоиндикации использует какой-либо один вид организмов: рачки дафния (*Daphnia magna*) и артемия (*Artemia salina*), инфузория-туфелька, красные (*Champia parvula*) и бурые водоросли (*Laminaria saccharina*), валлиснерия (*Vallisneria americana*), ряска.

Содержание <i>E.coli</i> в 100 мл воды	Категория загрязнения воды
0	Безопасна для питья
100–200	Безопасна для плавания
>200	Опасна для плавания

Таблица 3.3. Категорирование загрязнения вод по содержанию кишечной палочки

У тест-организмов оценивают выживание, дыхательную активность и другие показатели. Например, с помощью ряски можно обнаружить присутствие ионов тяжелых металлов.

По содержанию в воде биогенов различают следующие трофические типы водоемов: олиготрофный (бедный биогенами), эвтрофный (богатый биогенами) и промежуточный мезотрофный. В олиготрофных водоемах недостаток биогенов не допускает развития фитопланктона (одноклеточных водорослей в толще воды), но хорошо развивается бентосная растительность. Такие экосистемы включают много видов, они разнообразны и устойчивы. В эвтрофных водоемах обилие биогенов

сопровождается массовым развитием фитопланктона, помутнением воды, обеднением бентосной растительности из-за недостатка света, дефицитом кислорода на глубине, что ограничивает биоразнообразие. Экосистема утрачивает многие виды, упрощается, становится неустойчивой.

Определить трофность водоемов можно с помощью биоиндикаторов. В эвтрофных водоемах обильны и разнообразны черви-коловратки и ветвистоусые рачки-дафнии, в олиготрофных – веслоногие рачки-циклопы.

Разработаны и количественные способы оценки водоемов:

Массовое развитие олигохет – индикатор спуска бытовых отходов. Предложено уровень загрязнения оценивать по плотности этих червей: слабое загрязнение – 100–999 экз/м², среднее – 1000–5000; сильное >5000 экз/м².

3.6.3. Биоиндикация в почве

Развитие методов биоиндикации применительно к почве связано с работами основателя отечественной почвенной зоологии М.С. Гилярова и его школы.

Биоиндикация применяется в случаях:

- установления таксона почвы и ее происхождения;
- выяснения отдельных свойств почвы и почвенных процессов;
- оценки антропогенного вмешательства (рекреация, загрязнение, эвтрофикация почв);
- выяснения отдельных свойств почвы:

Механический состав. Например, мокрицы – показатели тяжелых почв (в песчаных почвах их норки обрушиваются).

Кислотность (pH). Кислотность – один из ведущих факторов, определяющих видовой состав и численность сообществ почвенных беспозвоночных. Численность дождевых червей, например, обычно прямо пропорциональна pH от 3 до 8.

Содержание кальция

Гидротермический режим

Индикация свойств почв методами фитоиндикации:

- запас питательных элементов в почве (трофность):
- содержание азота:
- кислотность (pH) почвы:
 - крайние ацидофилы (pH 3–4,5): сфагнум, гилокомиум, дикранум, плауны, водяника, марьянник луговой, ожика волосистая, пушица влагалищная, щучка, белоус, вереск;
 - умеренные ацидофилы (pH 4,5–6): черника, брусника, багульник, сушеница, кошачья лапка, толокнянка;
 - нейтральные (pH 6–7,3): растения дубрав – сныть, клубника зеленая, таволга шестилепестная;

- базофилы (рН>7,8): бузина, вяз, бересклет, крушина, крапива двудомная, хмель, недотрога, гравилаты.

3.7. Методы биоиндикации

Существуют несколько случаев, когда биомониторинг становится незаменимым.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Так, анализ пыльцы растений в Северной Америке за длительный период показал смену теплого влажного климата сухим прохладным и далее замену лесных сообществ на травяные. В другом случае остатки диатомовых водорослей (соотношение ацидофильных и базофильных видов) позволили утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен лишь несколько часов после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не запредельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Среди всего разнообразия методов, применяемых для биологического контроля состояния окружающей среды можно выделить несколько групп:

Биолюминесцентные методы.

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. 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.

2. Флуоресцентные методы анализа.

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. 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 флуоресценции хлорофилла. Флуоресценция (слабое свечение) возникает при электронном возбуждении молекул, поглощающих УФ-свет и испускающих затем квант света. Фотосинтетическую активность оценивают по изменению интенсивности флуоресценции хлорофилла при переходе фотосинтетического аппарата из активного состояния в неактивное.

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.

3. Методы оценки метаболических нарушений

Под влиянием негативных факторов окружающей среды происходят нарушения процессов обмена веществ в живых организмах. Изменения активности ферментов и другие метаболические нарушения могут являться индикаторами токсичности.

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.

4. 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.

5. Иммунологические методы.

У всех 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. 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; моллюсков (мидия *Mytilus edulis*); иглокожих (морская звезда *Asterias rubens*) и некоторых ракообразных.

6. Морфологические, анатомические и гистологические 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.

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.

Гистологическое исследование 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. У растений часто наблюдается изменение цвета и отмирание участков листьев и хвой, изменение размеров клеток и соотношения отдельных тканей. Крайними вариантами подобных перестроек у животных могут явиться злокачественный рост, дегенеративные изменения или появление некротических очагов – отмирание клеток.

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. 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

Поскольку система биологического мониторинга включает в себя набор подходов, охватывающих разные стороны индивидуального развития организма, она обеспечивает разностороннюю интегральную оценку состояния живых организмов и качества среды в целом. Применение различных методов в отношении широкого спектра живых организмов позволяет дать реальную оценку воздействия на окружающую среду.

Большинство используемых методов просты и относительно недороги, пригодны для широкого использования, к тому же обеспечивают получение интегральной оценки качества среды, подверженной всему многообразию экологических изменений.

3.8. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха

Важными объектами подсистемы мониторинга атмосферы являются стационарные и передвижные ИЗА, воздух в различных районах и промышленных городах. Источники выбросов в регионе могут быть распределены неравномерно и заметно различаться по объёму и характеру выбросов (высота, скорость и температура выбрасываемых газов).

На крупных дымовых трубах необходимо установить датчики автоматического контроля выбросов, которые могут поставлять сведения непосредственно в центр сбора и обработки информации. Система мониторинга предусматривает организацию банка информации о выбросах, куда необходимо заносить сведения об источниках и нормативах выбросов для каждого из них, а также данные инструментального контроля за выбросами.

Загрязнение атмосферы на территории промышленных предприятий и в их санитарно-защитной зоне оценивается в основном по выбросам низких и неорганизованных источников. Контроль загрязнения атмосферы воздуха на территории самого предприятия является заботой его руководства, поскольку оно обязано обеспечить безопасные условия труда своих работников при постоянном контроле служб Роспотребнадзора региона.

Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01 - 86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых пунктов».

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы производится на посту, представляющем собой заранее выбранное для этой цели место (точка местности), на котором размещается павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами.

Посты наблюдений устанавливаются трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных измерений содержания основных и наиболее распространённых специфических загрязняющих веществ. Стандартные павильоны «Пост», «Пост-1», «Пост-2» укомплектованы оборудованием для отбора проб воздуха и проведения метеорологических измерений. Отличаются установленным оборудованием и степенью автоматизации. Отбор проб проводят по направлению ветра, последовательно, на расстояниях 0,2–0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15 и 20 км от источника выброса, а также с наветренной стороны источника.

Наблюдения проводятся путём непрерывного суточного отбора проб. На отдельных постах допускается смещение всех сроков наблюдений на 1 час. Допускается не проводить наблюдения в воскресные и праздничные дни. Размещение стационарных постов согласовывается с местными органами Росгидромета и Роспотребнадзора.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в том случае, когда невозможно (нецелесообразно) установить пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например в новых жилых районах. Маршрутные посты устанавливаются в заранее выбранных точках, наблюдения проводятся с помощью передвижной лаборатории «Атмосфера П» – автомобиля, салон которого снабжён специальным оборудованием, пробоотборниками и газоанализаторами.

Передвижной (подфакельный) пост служит для отбора проб под

дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливают в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4...5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы определение концентрации примесей проводилось в постоянные сроки.

Наблюдения под факелом предприятия также ведутся с помощью специально оборудованной автомашины. Подфакельные посты представляют собой точки, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела дуемого источника выбросов.

Точность наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городе зависит от правильности расположения поста на обследуемой территории. При выборе места для размещения поста, прежде всего, следует установить, какой параметр будет контролироваться: уровень загрязнения воздуха, характерный для данного района города, или концентрация 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. В результате значительного перемешивания городского воздуха уровень загрязнения в районе поста будет определяться всеми источниками выбросов, расположенными на исследуемой территории.

Во втором случае пост должен размещаться в зоне максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника. Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке (на асфальте, твердом грунте, газоне). Если пост разместить на закрытом участке (вблизи высоких зданий, на узкой улице, под кронами деревьев или рядом с низким источником выбросов), то в этом случае будет определяться уровень загрязнения, создаваемый в конкретном месте, а реальный уровень загрязнения будет занижаться из-за поглощения газов густой зеленью или из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ вблизи строений.

Стационарный и маршрутный посты организуются в местах, выбранных с учётом обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками, а также с учетом изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений и расчётов полей максимальных концентраций примесей. При этом следует учитывать повторяемость направления ветра

над территорией города. В определённых направлениях выбросы от многочисленных предприятий могут создавать общий факел, соизмеримый с факелом крупного источника. Если повторяемость таких направлений ветра велика, то зона наибольшего среднего уровня загрязнения будет формироваться на расстоянии 2...4 км от основной группы предприятий, причём иногда она может располагаться и на окраине города.

Выбору местоположения стационарных постов должно предшествовать ознакомление с генеральным планом развития города с целью учёта планируемого размещения крупных источников выбросов и жилых районов.

Для характеристики распределения концентрации примеси по городу посты необходимо устанавливать в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населённого пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха.

К числу наиболее загрязнённых районов относятся зоны наибольших максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами промышленных предприятий (такие зоны находятся на расстоянии (0,5...2 км от низких источников выбросов и 2...3 км от высоких), а также магистрали интенсивного движения транспорта, поскольку влияние автомагистрали обнаруживается лишь в непосредственной близости от нее (на расстоянии 50... 100 м). Следует учитывать, что повышение концентрации загрязнителей часто наблюдается возле неорганизованных источников и на расстоянии от них в 10 – 40 высот дымовых труб.

Стационарные посты в городе дают объективную информацию о загрязнении атмосферы. Информация оперативно доводится до сведения заинтересованных организаций. Сеть постов характеризует общее загрязнение атмосферы города, вызванное турбулентной диффузией примесей. Количество стационарных постов устанавливается в зависимости от численности населения (не менее): 1 пост – до 50 тыс. жителей, 2 поста – 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.

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырёх программ наблюдения: полной (П), неполной (НП), сокращённой (СС), суточной (С).

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения в этом случае выполняются ежедневно путём непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно, через равные промежутки времени, не менее четырех раз при обязательном отборе проб в 1, 7, 13 и 19 ч по местному декретному времени.

По неполной программе наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13 и 19 ч местного декретного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного декретного времени. Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже 45 °С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 максимальной разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений концентрации примеси используемым методом.

Допускается проводить наблюдения по скользящему графику: в 7, 10 и 13 ч – во вторник, четверг и субботу, в 16, 19 и 22 ч – в понедельник, среду и пятницу. Наблюдения по скользящему графику предназначены для получения информации о разовых концентрациях.

Суточная программа отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от полной программы наблюдения в этом случае проводятся путем непрерывного суточного отбора проб, при этом исключается получение разовых значений концентрации. Все программы наблюдений позволяют получать информацию о среднемесячных, среднегодовых и средних концентрациях загрязнений.

3.9. Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши

Общегосударственная служба наблюдений и контроля за загрязнением объектов природной среды является информационной, поэтому основными задачами контроля качества поверхностных вод, выполняемого в её рамках, являются:

систематическое получение как отдельных, так и обобщённых во времени и пространстве данных о качестве воды;
обеспечение центральных и местных административных органов, заинтересованные организации систематической информацией и прогнозами о качестве воды.

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 установлением программ

контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым, обеспечивающим требуемую точность методикам, проведением гидрометрических работ.

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.

На водоемах и водотоках или их участка, 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, включающих в себя подбор и анализ сведений о водопользователях, источниках загрязнения вод, аварийных сбросах загрязняющих веществ, данные о режимных (водных, ледовых, термических), физико-географических признаках водоёма 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 посёлков, сточные воды которых сбрасываются в водоёмы и водотоки;

сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями (заводами, рудниками, шахтами, нефтепромыслами, электростанциями и т.п.), мыслами, 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 – 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),
- 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).

Пункты контроля подразделяются на четыре категории, определяющие периодичность проверки качества вод и программу контроля. Категорию пункта устанавливают с учётом следующих факторов: хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера и объёма водоёма, 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.

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.

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 этапе работы при формировании программ контроля может быть использован ориентировочный перечень загрязняющих веществ, который затем будет уточняться по результатам обследований участка водного объекта.

При появлении новых источников загрязнения, изменение мощности, состава и условий сброса сточных вод прежних источников, а также при других сложившихся условиях категории пункта контроля, периодичность проведения контроля и перечень определяемых показателей могут быть изменены в соответствии с порядком проведения контроля. В этом случае осуществляется обследование участка водоема или водотока. Задача и порядок проведения такого обследования соответствуют изложенным выше.

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. Методическое руководство постановкой и проведением работ по контролю качества поверхностных вод осуществляют ГХИ и специально уполномоченные органы республиканских (территориальных) УГКС Росгидромета.

Сеть гидрохимических наблюдений должна охватывать в пространстве и во времени:

- по возможности все водные объекты, расположенные на территории изучаемого бассейна;
- всю длину водотока с определением влияния наиболее крупных его притоков и сброса сточных вод в него;
- всю акваторию водоёма с определением влияния на него наиболее крупных притоков и сброса в него сточных вод;

- все фазы гидрологического режима (весеннее половодье, летнюю межень, летние и осенние дождевые паводки, ледостав, зимнюю межень);
- различные по водности годы (многоводные, средние и маловодные);
- суточные изменения химического состава воды;
- катастрофические сбросы сточных вод в водные объекты. Организация мониторинга водных систем базируется на принципе единства природных вод, т. е. создаётся сеть наблюдений за их атмосферными, поверхностными и подземными источниками.

Объекты мониторинга выбираются исходя из значения водных объектов для населения или промышленности конкретного города или района. Пункты наблюдений представляют собой точки, где систематически осуществляется отбор проб для последующей оценки показателей качества воды природных источников, качества воды для питьевых целей или сточных вод для технических целей.

В качестве постов наблюдений можно использовать гидрометеорологические посты или станции. Передвижные средства наблюдений представляют собой экспериментальные лаборатории, оснащённые оборудованием для оценки состояния водных систем экспрессными или дистанционными автоматизированными методами; на участках рек, озёр и водохранилищ для отбора проб применяются различные плавсредства.

Автономные пункты наблюдений представляют собой автоматические станции контроля качества воды, выполняющие работу в автономном режиме эффективными средствами.

Региональные станции оснащены гидрохимическими и гидробиологическими лабораториями для выполнения анализов воды. По возможности внедряются автоматические методы отбора проб и автоматическое определение показателей.

Такие станции обеспечивают, собирают, анализируют, ведут первичную обработку и обобщение полученных данных самой станции и относящейся к ней пунктов наблюдения. Станции обеспечивают также передачу информации в центр организации мониторинга.

Первым этапом организации работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод является выбор местоположения пунктов контроля. Пункты контроля организуют в первую очередь на водных объектах, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами.

Для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды пункты наблюдений создают также на не подверженных прямому антропогенному воздействию участках, в т. ч. расположенных на территориях заповедников и национальных парков.

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Под створом понимают условное поперечное сечение водоёма или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Местоположение створов устанавливают с учётом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей. Один створ устанавливают на водотоках при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязнённых притоков, на незагрязнённых участках водотоков, на предплотинных участках рек, на замыкающих участках рек, в местах пересечения государственной границы.

При наличии организованного сброса сточных вод устанавливают на водотоках два створа и более. Один из них располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), другие – ниже источника (или группы источников) загрязнения в месте полного смешения. Химический состав воды в пробе, отобранной в створе выше источника загрязнения, характеризует фоновые показатели качества воды водотока в данном пункте.

Сравнение фоновых показателей с показателями качества воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения, позволяет судить о характере и степени загрязнённости воды под влиянием источников загрязнения данного пункта. Изменение химического состава воды в пробах, отобранных в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, даёт возможность оценить самоочищающую способность водотока.

Верхний (первый) фоновый створ устанавливают в 1 км выше первого источника загрязнения. Выбор створов ниже источника (или группы источников) загрязнения осуществляют с учётом характера распространения загрязняющих веществ в водотоке. Необходимо, чтобы нижний створ характеризовал состав воды в целом по сечению, т. е. был расположен в месте достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных вод с водой водотока.

На реках, где полное смешение находится далеко от источников загрязнения, процесс трансформации части загрязняющих веществ может завершиться до створа полного смешения, и их влияние на физические свойства и химический состав воды в этом створе может быть не обнаружено. В этом случае створ устанавливают, исходя из хозяйственных интересов, на ближайшем участке водопользования.

На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливают не далее 0,5 км от места сброса сточных вод. При наличии группы источников загрязнения верхний (фоновый) створ располагают выше первого источника, нижний – ниже последнего. Между створами

выше и ниже источников загрязнения могут быть установлены дополнительные створы, характеризующие влияние отдельных источников загрязнения. При контроле по водоёму в целом устанавливают не менее трёх створов, по возможности равномерно распределённых по акватории с учётом строения береговой линии.

При контроле на отдельных загрязнённых участках водоёмов створы устанавливают с учётом условий водообмена водоёмов. Количество вертикалей в створе на водотоках определяют с учётом условия смешения вод водотока со сточными водами, а также с водами притоков.

Все пункты контроля качества воды водоёмов и водотоков делят на четыре категории, определяемые частотой и детальностью программ контроля.

Пункты первой категории располагают:

- на средних и больших водоёмах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение;
- в районах городов с населением свыше 1 млн жителей;
- в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых организмов;
- в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ и заморных явлений среди водных организмов;
- в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается высокая загрязнённость воды.

Пункты второй категории устраивают:

- в районах городов с населением от 0,5 до 1 млн жителей;
- в местах нереста и зимовья промысловых организмов ценных видов;
- на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек;
- в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод;
- при пересечении реками Государственной границы;
- в районах со средней загрязнённостью воды.

Пункты третьей категории располагают на водоёмах и водотоках:

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

Пункты четвёртой категории устанавливают:

- на незагрязнённых участках водоёмов и водотоков;
- на водоёмах и водотоках, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков.

Качество воды контролируют по определённым видам программ, которые выбирают в зависимости от категории пункта контроля. При

выборе программы контроля учитывают целевое использование водоёма или водотока, состав сбрасываемых сточных вод, требования потребителей информации.

Обязательная программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение:

гидрологические показатели: расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), скорость течения ($\text{м}/\text{с}$) – на водотоках или уровень воды (м) – на водоёмах;

гидрохимические показатели: визуальные наблюдения, температура ($^{\circ}\text{C}$), цветность (градусы), прозрачность (см), запах (баллы), концентрация растворённых в воде газов – кислорода, двуокиси углерода ($\text{мг}/\text{дм}^3$), концентрация взвешенных веществ ($\text{мг}/\text{дм}^3$), рН, Eh (мВ), концентрация главных ионов – хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция, магния, натрия, калия, сумма ионов ($\text{мг}/\text{дм}^3$), ХПК ($\text{мг}/\text{дм}^3$), БПК₅ ($\text{мг}/\text{дм}^3$), концентрация биогенных элементов – аммонийных, нитритных и нитратных ионов, фосфатов, железа общего, кремния ($\text{мг}/\text{дм}^3$), концентрация широко распространённых загрязняющих веществ – нефтепродуктов, СПАВ, летучих фенолов, пестицидов и тяжёлых металлов ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

Наблюдения по обязательной программе на водотоках осуществляют, как правило, 7 раз в год в основные фазы водного режима: во время половодья – на 70 подъёме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка; осенью – перед ледоставом; во время зимней межени.

В водоёмах качество воды исследуют при следующих гидрологических ситуациях: зимой при наиболее низком уровне и наибольшей толщине льда; в начале весеннего наполнения водоёма; в период максимального наполнения; в летне-осенний период при наиболее низком уровне воды.

Сокращённая программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям подразделяется на три вида.

Первая программа предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоёмах), температуры, концентрации растворённого кислорода, удельной электропроводности, визуальные наблюдения.

Вторая программа предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоёмах), температуры, рН, удельной электропроводности, концентрации взвешенных веществ, ХПК, БПК₅, концентрации 2–3 загрязняющих веществ, приоритетных для данного пункта контроля, визуальные наблюдения.

Третья программа предусматривает определение расхода воды, скорости течения (на водотоках), уровня воды (на водоёмах), температуры, рН, концентрации взвешенных веществ, концентрации растворённого кислорода, ХПК, БПК₅, концентрации всех загрязняющих воду в данном

пункте контроля веществ, визуальные наблюдения.

Качество воды оценивают, сопоставляя гидрохимические показатели, определяемые в пунктах контроля, с установленными нормами качества воды. Внедрение в систему наблюдений за качеством воды гидробиологических методов позволяет оценить степень сапробности водных объектов и непосредственно выяснить состав и структуру сообществ гидробионтов.

Полная программа наблюдений за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям предусматривает:

- исследование фитопланктона – общей численности клеток, числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, % общей численности, сапробность);
- исследование зоопланктона – общей численности организмов, общего числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, % общей численности, сапробность);
- исследование зообентоса – общей численности, общей биомассы, общего числа видов, числа групп, числа видов в группе, числа основных групп, биомассы основных групп, массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, % общей численности, сапробность);
- исследование перифитона – общего числа видов, массовых видов, частоты встречаемости, сапробности;
- определение микробиологических показателей – общего числа бактерий, числа сапрофитных бактерий, отношения этих чисел;
- изучение фотосинтеза фитопланктона и деструкции органического вещества, определение отношения интенсивности фотосинтеза к деструкции органического вещества, содержания хлорофилла;
- исследование макрофитов – проективного покрытия опытной площадки, характера распространения растительности, общего числа видов, преобладающих видов (названия, проективного покрытия, фенофазы, аномальных признаков).

На пунктах контроля в зависимости от их категории пробы отбирают ежеквартально, ежемесячно или в сроки, наиболее показательные для оценки состояния водных экосистем. Это окончание весеннего половодья, летняя межень (с минимальным уровнем воды и максимальной концентрацией загрязнителей), осеннее время, предшествующее ледоставу и зимняя межень.

3.10. Наблюдения за загрязнением 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 которой 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 с 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 качества 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.

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, находятся макро- и микроэлементы, газы и гидрозоли, сложные органические соединения (пиридин, фенол, бензол и др.). 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.

При загрязнении почвы одним веществом неорганической породы оценка степени загрязнения проводится в соответствии с таблицей 3.4.

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
□ К _{max}	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК до К _{max}	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Таблица 3.4. Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими веществами

При загрязнении почв одним веществом органического происхождения его опасность определяется исходя из его ПДК и класса опасности (4).

При полиэлементном загрязнении оценка степени опасности загрязнения почвы допускается по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почв

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
> 5 ПДК	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От 2 до 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 1 до 2 ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Таблица 3.5. Критическая оценка степени загрязнения почвы органическими веществами

Оценка уровня химического загрязнения почв населённых пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряжённых 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_f : $K_c = C/C_f$.

При этом нормативы концентраций не требуются, но надёжность результатов зависит от правильного выбора сравниваемых участков, которые должны быть максимально идентичными.

Главными элементами-загрязнителями почв являются тяжёлые металлы (**Pb, Hg, Cd, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, V, Mn** и т. д.) и металлоиды (**As, Sb, Se, B**). К важнейшим загрязнителям относятся также пестициды, радионуклиды, нефть и нефтепродукты.

Почвы часто загрязнены сразу несколькими элементами, для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения. Суммарный показатель загрязнения может быть определён 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 (табл. 3.6.), градации которой разработаны на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

Категории загрязнения почв	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16 - 32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32 - 128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных

Таблица 3.6. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

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.

Под санитарным состоянием понимают совокупность физико-химических и биологических свойств почвы, определяющих её безопасность в эпидемиологическом и гигиеническом отношении. В перечень контролируемых показателей входят санитарно-бактериологические, санитарно-гельминтологические и санитарно-энтомологические показатели: санитарное число (отношение азота белкового к общему органическому азоту); показатели концентраций аммонийного и нитратного азота, хлоридов, остаточных количеств пестицидов и других загрязняющих веществ (тяжёлых металлов, нефти и нефтепродуктов, фенолов, сернистых соединений), канцерогенов, радиоактивных веществ, макро- и микроудобрений, термофильных бактерий, бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов; яйца и личинки гельминтов и мух.

Перечень показателей для разных видов землепользования (населённых пунктов, зон отдыха, зон источников водоснабжения, территорий предприятий, сельхозугодий и лесов) различен. В чистых почвах организмы, характеризующие санитарно-бактериологические показатели, отсутствуют. Напротив, их присутствие указывает на специфическое органическое, фекальное и другие виды загрязнения. Показатели санитарного состояния почв используются также для оценки пригодности нарушенного плодородного слоя почв для землепользования. Степень загрязнённости почв зависит как от антропогенной нагрузки, так и от других факторов: способности почв к самоочищению, разложению и трансформации загрязняющих веществ в ходе минерализации и гумификации.

Такой биологический фактор, как способность к самоочищению, определяется прежде всего активностью почвенной микрофлоры и почвенных животных, физико-химическими условиями и свойствами почвы. Антропогенные воздействия (внесение удобрений, обработка

пестицидами, режим мелиорации и иссушение), а также факторы окружающей среды (температура, осадки, топография территории), влияют на активность почвенной микрофлоры и фауны. В разрушении химических веществ в почве участвуют различные группы организмов, в т. ч. бактерии, грибы, актиномицеты, растения.

В экологических исследованиях почв используют различные биологические показатели: «дыхание», показатели целлюлозоразлагающей активности, активность ферментов (уреазы, дегидрогеназы, фосфатазы), численность грибов, дрожжей и др.

Обычно используют несколько показателей, так как их «чувствительность» к различным загрязняющим веществам существенно отличается. Признаком биологической деградации в результате токсического воздействия является снижение уровня активной микробной массы. При оценке экологического состояния почв основными показателями являются критерии физической деградации, химической и биологической загрязнённости.

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 атмосферный воздух – 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.

3.11. Критерии оценки качества окружающей среды

Вещества, находящиеся в атмосферном воздухе, попадают в организм человека главным образом через органы дыхания. Вдыхаемый загрязненный воздух через трахею и бронхи попадает в альвеолы легких,

откуда примеси поступают в кровь и лимфу. В нашей стране интенсивно проводятся работы по гигиеническому нормированию допустимого уровня содержания примесей в атмосферном воздухе. Концепция установления безопасных для здоровья населения уровней содержания вредных веществ в объектах окружающей среды, впервые сформулированная российскими учеными-гигиенистами, в настоящее время принята всеми странами мира. Обоснованию гигиенических нормативов предшествуют многоплановые комплексные исследования, действия загрязняющих веществ – и на добровольцах.

При таких исследованиях используются самые современные методы, разработанные в биологии и медицине. В настоящее время определены предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе более, чем 500 веществ. Предельно допустимая концентрация – это максимальная концентрация примеси в атмосферном воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает и не окажет на него и на окружающую среду в целом вредного влияния. Гигиенические нормативы должны обеспечивать физиологический оптимум для жизни человека, поэтому к качеству атмосферного воздуха в нашей стране предъявляются гораздо более высокие требования, чем за рубежом. Так, для диоксида серы значения ПДК в РФ в 7,3 раза, а для пыли в 1,7 раза меньше, чем в США.

В связи с тем, что кратковременные воздействия вредных веществ, не обнаруживаемых по запаху, могут вызвать функциональные изменения в коре головного мозга и зрительном анализаторе, были введены значения максимальных разовых ПДК.

Токсикологическая характеристика технологических процессов требует обоснования рекомендаций по такому изменению производства, чтобы уменьшить количество вредных полупродуктов или побочных соединений или исключить их, и медико-технических требований к планированию производственных помещений, аппаратуре, санитарно-техническому оборудованию, в том числе очистному или рассеивающему, и – в случае необходимости – к индивидуальным средствам защиты.

В основе этого лежит установление предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в различных средах.

В воздушной среде:

ПДК_{р.з.} – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч. в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать в состоянии здоровья настоящего и последующего поколений заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м

над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

ПДКм.р. – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, мг/м^3 . Эта концентрация при вдыхании в течение 20 мин не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека;

ПДКс.с. – предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе населенных мест, мг/м^3 . Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном вдыхании.

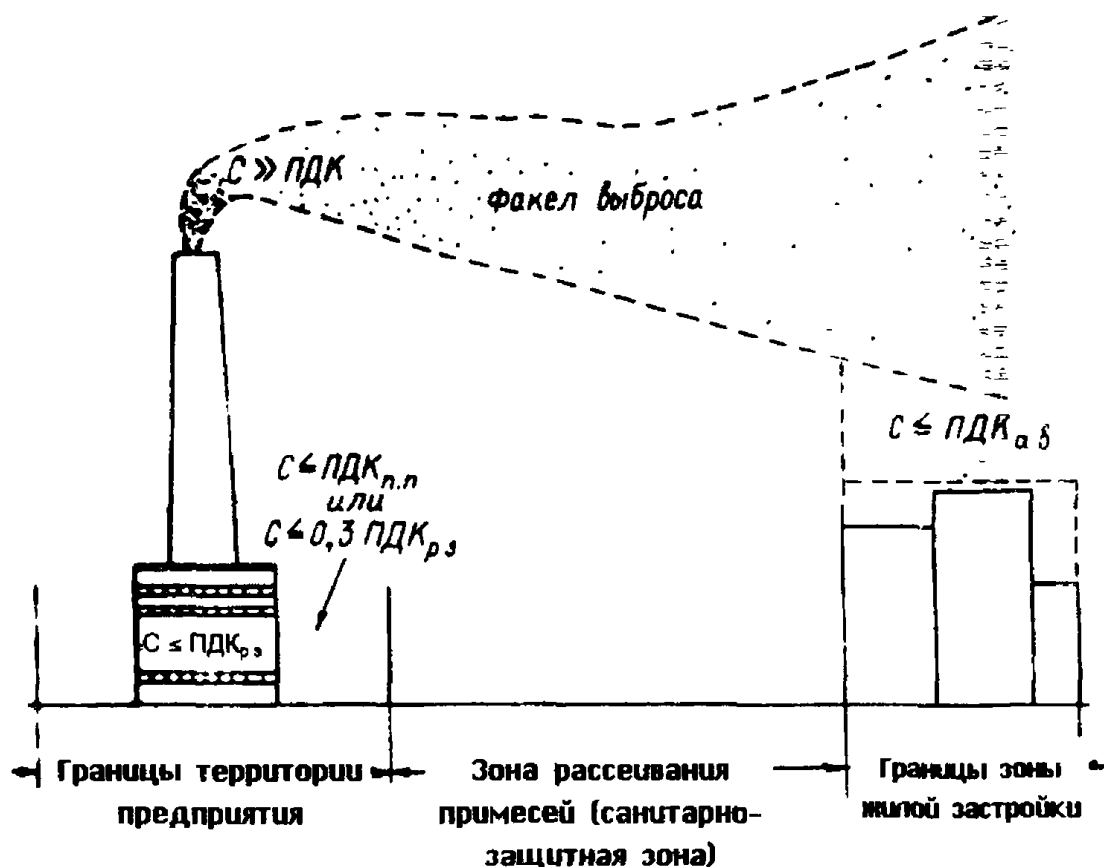


Рис. 3.3. Схема нормирования примесей вредных веществ по зонам жизнедеятельности человека

Таким образом, в РФ для каждого вещества установлены два норматива: максимальная разовая ПДК (осредненная за 20...30 мин) и среднесуточная с целью предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и другого действия при неограниченном длительном их вдыхании. Значения максимальных разовых ПДКм. р и среднесуточных ПДКс.с для наиболее часто встречающихся в атмосферном воздухе примесей приведены в таблице 3.7.

В таблице приведены также классы опасности веществ: 1-й – чрезвычайно опасные, 2-й – высокоопасные, 3-й – умеренно опасные, 4-й – малоопасные. Эти классы разработаны для условий непрерывного вдыхания веществ без изменений их концентрации во времени. В реальных условиях возможны значительные увеличения концентраций примесей.

В местах, где расположены курорты, на территориях санаториев, домов отдыха и в зонах отдыха городов с населением более 200 тыс. человек концентрации примесей, загрязняющих атмосферный воздух, не должны превышать 0,8 ПДК.

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	максимальная разовая	среднесуточная	
Диоксид азота	0,085	0,04	2
Диоксид серы	0,5	0,05	3
Оксид углерода	5,0	3,0	4
Пыль (взвешенные вещества)	0,5	0,15	3
	0,2	0,04	4
Аммиак	0,3	0,1	2
Серная кислота	0,01	0,003	2
Фенол	—	0,0003	1
Ртуть металлическая			

Таблица 3.7. Перечень наиболее часто встречающихся примесей

В том случае, когда ПДК не установлена, для оценки гигиенической опасности вещества можно пользоваться показателем ориентировочно-безопасного максимального разового уровня загрязнения воздуха (ОБУВ). В РФ внедрены также предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны ПДКр.з. Значение ПДКр.з должно быть таким, чтобы не происходило ухудшения состояния здоровья в настоящее время, а также в отдаленные сроки. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м, где находится место постоянного или временного пребывания работающих. Так, ПДКр.з диоксида серы составляет 10 мг/м³, диоксида азота – 5 мг/м³, а ртути – 0,01 мг/м³, что значительно выше, чем ПДКм.р. и ПДКсс соответствующих веществ. Предельно допустимые выбросы вредных веществ конкретными предприятиями определяются показателями ПДВ (для воздуха) и ПДС.

В водной среде:

ПДКв – предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л. Эта концентрация не должна оказывать прямого или косвенного влияния на органы человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования;

ПДК_{в.р} – предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/л.

Интегральные показатели для воды:

БПК – биологическая потребность в кислороде – количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации) за определенное время инкубации пробы (2, 5, 20, 120 суток), мг O₂/л воды (БПК_п – за 20 суток, БПК₅ – за 5 суток);

ХПК – химическая потребность в кислороде, определенная бихроматным методом, т. е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мг O₂/л воды.

По отношению БПК_п /ХПК судят об эффективности биохимического окисления веществ.

В почве:

ПДК_п – предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг. Эта концентрация не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы;

ПДК_{пр} (ДОК) – предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания, мг/кг.

Если величина ПДК в различных средах не установлена, действует временный гигиенический норматив ВДК (ОБУВ) – временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) вещества. Временный норматив устанавливается на определенный срок (2–3 года).

Степень загрязнения почв химическими веществами оценивается по ПДК этих веществ в почве или по ориентировочно-допустимым концентрациям (ОДК). Предельно допустимые концентрации утверждены Минздравом для ряда химических веществ и соединений, в том числе для валового содержания подвижных и водорастворимых форм ряда химических элементов в почвах. При отсутствии ПДК содержание химического вещества сравнивается с фоновыми значениями или естественным геохимическим фоном. В качестве предельной нагрузки загрязнения почв металлами следует рассматривать тот уровень, когда содержание их в растениях (съедобных частях) превышает соответствующие нормы ПДК, утвержденные для продуктов питания. Оценка загрязнения почв группой загрязняющих металлов выполняется в соответствии с методикой на основе использования суммарного показателя загрязнения почв Z_с. При этом значения Z_с сопоставляются с ориентировочной шкалой опасности загрязнения, имеющей градации допустимой (до 16), умеренно опасной (до 32), опасной (до 128) и чрезвычайно опасной (свыше 128) категорий загрязнения, что

статистически связано с изменением показателей здоровья населения в зонах загрязнения. Информацию о загрязнении почв рекомендуется сопоставлять с интегральными биологическими показателями, характеризующими качество почв, такими как ферментативная активность, активность распространения почвенных организмов.

Часто возникает ситуация, когда в воздухе одновременно находятся вещества, способные оказывать суммарное воздействие. В таком случае сумма их концентраций C , нормированная на ПДК, не должна превышать единицы: $C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n < 1$.

где C – фактическая концентрация вещества в среде.

Допустим, что в воздухе концентрация фенола $C_{\text{ф}} = 0,345$ мг/л, ацетона $C_{\text{ац}} = 0,009$ мг/л, а ПДК $\text{ф} = 0,35$ мг/л, ПДК $\text{ац} = 0,01$ мг/л.

Таким образом, для каждого из веществ указанное соотношение меньше 1:

$$C_1/ПДК_1 < 1; \quad C_2/ПДК_2 < 1.$$

Но поскольку эти вещества обладают эффектом суммации, то общее загрязнение фенолом и ацетоном превысит предельно допустимое, так как

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} = 0,986 + 0,9 = 0,986 + 0,9 = 1,886 > 1.$$

Таким образом, сумма отношений концентраций к ПДК веществ, обладающих эффектом суммации, не должна превышать единицы.

К таким вредным веществам относятся, как правило, вещества, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

- 1) диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- 2) диоксид серы и сероводород;
- 3) диоксид серы и диоксид азота;
- 4) диоксид серы и фенол;
- 5) диоксид серы и фтористый водород;
- 6) диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
- 7) диоксид серы, оксид углерода.

Вместе с тем многие вещества при одновременном нахождении в атмосферном воздухе не могут оказывать суммарного воздействия, т. е. предельно допустимые значения концентраций сохраняются для каждого вещества в отдельности, например:

- 1) оксид углерода и диоксид серы;
- 2) оксид углерода, диоксид азота и диоксид серы;
- 3) сероводород и сероуглерод;
- 4) фталевый, малеиновый ангидриды.

Для более полной оценки качества среды сравнительно недавно стали использовать другой критерий – ПДЭН – предельно допустимую экологическую нагрузку, для воды – это ПДС – предельно допустимый сброс, г/с; для воздуха – ПДВ – предельно допустимый выброс, г/с.

Эти величины характеризуют нагрузку, оказываемую предприятием на окружающую среду в единицу времени, и должны обязательно входить в экологический паспорт (или другой подобный документ) предприятия. Недостатком изложенной выше схемы критериев оценки качества среды является разрозненность природоохранных функций различных министерств и ведомств, а также часто очень различающиеся значения ПДК в разных странах.

4. Нормативно-правовое обеспечение экологического мониторинга

4.1. Состояние и тенденции развития нормативно-правовой базы природоохранной деятельности

Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, определяет Федеральный Закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7.

Он регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду, в пределах Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне РФ. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» является базовым законом, на основании которого строится все природоохранное законодательство Российской Федерации. В ст. 63 рассмотрен вопрос об организации государственного мониторинга окружающей среды.

Определение, цель, задачи и процедура проведения государственного экологического мониторинга сформулированы в «Положении об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177.

Согласно общеправовому классификатору отраслей законодательства, в Российском законодательстве содержится 7 направлений, имеющих отношение к природоохранной деятельности:

- законодательство по общим вопросам охраны окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов,
- законодательство о земле,
- законодательство об охране и использовании лесов,
- законодательство об охране и использовании вод,
- законодательство об охране и использовании животного мира,
- Законодательство об охране атмосферного воздуха.

Вместе с тем в теории и практике все чаще отмечается усиливающаяся тенденция к объединению и обобщению этих отраслей. Происходит процесс формирования новой консолидированной отрасли российского законодательства – экологической, включающей в себя

помимо всех перечисленных выше отраслей и ряд специальных ответвлений законодательства или их разделы. Происходит смена приоритетов в сфере управления окружающей природной средой, механизмов реализации экологического права. Современное природоохранное законодательство не отказывается ни от одного из традиционных методов управления, однако при сохранении, а в некоторых случаях и главенстве административных приемов, в последнее десятилетие формируются тенденции применения экономических методов регулирования охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

Это относится к введению платы за загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов, а также созданию соответствующих фондов по формированию и использованию средств от взимаемых платежей.

Новое экологическое законодательство большое внимание уделяет обеспечению "прозрачности" экологически значимой деятельности промышленных предприятий, созданию условий активного участия во всех стадиях процесса управления окружающей природной средой как отдельных граждан, так и общественных организаций.

Законодательство вводит в практику широкий круг юридических, экономических и организационных регулирующих мер, ориентированных на охрану окружающей природной среды.

Среди них экологическая экспертиза, инспекционный экологический контроль, мониторинг окружающей природной среды, экономический механизм, система экологических требований, предъявляемых государственным органам, юридическим лицам и гражданам при проектировании, строительстве и эксплуатации хозяйственно-технических объектов, особый режим охраны природных комплексов и территорий, представляющих исключительную ценность для общества, введение в соответствующих случаях режима зон экологического бедствия и чрезвычайных экологических ситуаций.

4.2. Нормативно-правовая база организации системы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды в Российской Федерации

В последние годы в РФ формируется законодательство по таким экологическим процедурам, как экологическая экспертиза, экологический аудит и сертификация. Одной из процедур управления состоянием окружающей среды является мониторинг окружающей среды. Место мониторинга в этой системе заключается в интеграции представлений о наблюдении за состоянием окружающей среды обобщении этой информации и разработке прогноза.

Под государственным управлением в области природопользования и охраны окружающей среды понимается организующая исполнительно-распорядительная деятельность компетентных государственных органов по осуществлению экологического законодательства, разработке и проведению в жизнь государственной экологической Система государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды predetermined Конституцией РФ, которая в ряде статей фиксирует краеугольные положения организации и функционирования экологического управления.

Прежде всего, закрепленное в Конституции РФ федеральное устройство государства predetermined два уровня государственного управления – федеральный и субъектов Федерации (субъектный). На этих уровнях образованы правительственные и другие административные структуры по управлению природопользованием и охраной окружающей среды, которые должны действовать по принципам субординации, в духе сотрудничества, на основе целесообразного распределения административных полномочий и функций.

На Федеральном уровне созданы и функционируют министерства и ведомства, наделенные экологической компетенцией.

На уровне субъектов Федерации действуют соответствующие административные образования, которые иногда именуются территориальными органами федеральных министерств и ведомств. В свою очередь, в качестве структур территориальных органов могут создаваться местные субрегиональные и межрегиональные подразделения. В совокупности все это образует единую систему экологического управления. Однако следует помнить, что образуемые органами местного самоуправления административные структуры природоохранительного назначения не входят в систему органов государственного экологического управления (ст. 12 Конституции РФ).

Принцип взаимодействия государственных органов экологического управления закреплен в Постановлении Правительства РФ от 22 сентября 1993 г. "О специально уполномоченных органах Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды" (Заменено Постановлением Правительства от 30.12.98 № 1594).

Особенной чертой государственного экологического управления, получившей отражение в законодательстве и административной практике, является такое построение управленческих структур, при котором подразделения, выполняющие функции регулирования природопользования и контроля за соблюдением экологических требований, являются относительно независимыми от подразделений, отвечающих за коммерческую, производственную эксплуатацию природных ресурсов и инвестиционную деятельность

4.3. Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов

В соответствии с российским законодательством стандартизация – это установление норм, правил и характеристик в целях обеспечения (с точки зрения экологического нормирования):

- 1) безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни и здоровья человека и их качества;
- 2) единства измерений, в том числе и экологических параметров;
- 3) экономии всех видов ресурсов;
- 4) безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других видов чрезвычайных ситуаций.

Нормы, правила и характеристики, установленные в результате стандартизации, представлены следующими стандартами: ГОСТы; СНИПы (строительные нормы и правила, выпускаемые Госстроем РФ); СанПи-Ны (санитарные правила и нормы, разрабатываемые Минздравом России), стандарты качества окружающей среды (ПДК, ПДВ, ПДС и т. п.), отраслевые стандарты, стандарты предприятий (ОСТы и пр.) и т. д.

Стандарты входят в систему права и занимают свое место в иерархии правовых актов. ГОСТ выполняет служебную функцию по отношению к законодательству. Он не регулирует экологические отношения, а устанавливает определенные критерии качества, которым должен соответствовать тот или иной объект.

В то же время ГОСТы, СНИПы и СанПиНы носят обязательный характер, а также неоднократны в применении. Государственные стандарты гарантируются мерами государственного принуждения. Стандарты бывают экологическими, производственно-хозяйственными и терминологическими. Они являются важным элементом в системе управления качеством (в данном случае – качеством среды обитания человека).

Для установления норм и правил природопользования могут разрабатываться другие виды нормативных документов. В частности, статус нормативных правовых актов имеют документы, устанавливающие правовые нормы обязательного характера.

В области экологического нормирования это могут быть инструкции, правила, положения, в обязательном порядке имеющие общегосударственную регистрацию в Минюсте России. Любое другое оформление экологических норм и правил не дает им нормативно-правового статуса, и они не являются обязательными для исполнения.

4.4. Нормативная база по оценке экологического риска и оценке предотвращенного ущерба окружающей среде и здоровью населения

Наряду с нормированием в последние годы все шире применяется подход, основанный на оценке риска. Он позволяет включить в рассмотрение представления о факторах риска на основе вероятностного характера возникновения фактора, так и вероятностного характера наступления негативных последствий.

В 1997 г. принято совместное Постановление главного государственного инспектора по экологическому контролю и главного санитарного врача о внедрении в РФ оценки риска здоровью населения.

Методика оценки риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды, разработанная специалистами АО «Ленэкософт» и реализованная в программном комплексе «Zone», утверждена Госсанэпиднадзором РФ. 21.12.1999 г. Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды утверждено «Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций».

Результатом развития такого подхода стала возможность оценки предотвращенного и фактического ущерба в виде финансовых показателей. Для этого могут использоваться как официально действующая методика оценки предотвращенного ущерба окружающей природной среде, так и разрабатываемые российскими и зарубежными авторами представления об объективном и субъективном ущербе, связанном с риском здоровью населения от загрязнения окружающей среды.

4.5. Международные соглашения в области охраны окружающей среды

Россия подписала и ратифицировала ряд международных соглашений в области охраны окружающей среды. В данном пособии проведен анализ четырех таких соглашений, где указываются их задачи, дана историческая справка, рассматриваются обязательства участников этих соглашений и специфика их применения в России.

Монреальский Протокол

Задача Протокола. Монреальский протокол является основным международным соглашением по защите озонового слоя стратосферы. Он был подписан в 1987 г. и существенно дополнен в 1990 г. (Лондон), в 1992 г. (Копенгаген) и в 1997 г. (Монреаль).

Несмотря на то, что ученые еще в начале 1960-х гг. высказали предположение о разрушении озонового слоя в результате человеческой деятельности, долгое время эта проблема не привлекала особого внимания общественности. В начале 70-х годов было установлено, что хлорфторметаны (фреоны), используемые в аэрозольных упаковках и

холодильных машинах, стали накапливаться в атмосфере. Исходя из того, что в тропосфере отсутствуют действенные механизмы разрушения этих высокостабильных веществ, было сделано предположение о переносе фреонов в стратосферу. Здесь они участвуют в фотохимических реакциях, в результате которых образуется атомарный хлор, далее каталитически реагирующий с озоном.

С этого момента начались международные дебаты, которые привели к подписанию первого международного соглашения по защите озонового слоя. Этим документом стала Венская Конвенция 1985 г., признавшая потенциальную серьезность проблемы.

В сентябре 1987 г. в Монреале был подписан Протокол по субстанциям, разрушающим озоновый слой. Представители 27 стран, подписавшие этот протокол, взяли на себя обязательство в период до 1999 г. снизить использование фреонов на 50% от уровня их применения.

Еще через три года, на встрече в Лондоне, Монреальский Протокол был усилен в нескольких направлениях: использование ряда фреонов должно было снизиться до нуля к концу XX века; кроме того, был усилен контроль над другими видами озоноразрушающих веществ. Масштаб деятельности также был расширен: с лондонскими предложениями согласилось более 80 стран. В результате появились реальные предпосылки для развития международного сотрудничества по охране озонового слоя.

На встрече в Копенгагене в 1992 г. было достигнуто соглашение об окончательном прекращении использования озоноразрушающих веществ к 2030 г. Относительно отдаленный срок выполнения соглашения объясняется противодействием промышленных кругов, представителей которых на встрече в Копенгагене фактически было в три раза больше, чем делегатов от непромышленных стран и неправительственных организаций.

Более того, в подготовительной встрече в Копенгагене принимало участие семь сотрудников концерна «Дюпон», что превысило суммарное число делегатов от шести стран.

Обязательства стран-участниц. К 1 января 1996 г. должно быть прекращено производство и потребление следующих веществ: хлорфторметанов, галонов, четыреххлористого углерода, 1,1,1-трихлорэтана, гидробромфторметана.

Сокращение производства и использования гидрохлорфторметана и метилбромида должно происходить следующим образом (табл.7.):

Киотский протокол

Задачи Протокола. Рамочная Конвенция по изменению климата (FCCC) принятая в 1992 г., разработала документ, который был рассмотрен на встрече в Киото в 1997 г.

Задачи Рамочной Конвенции по изменению климата:

– стабилизировать концентрацию в атмосфере газов, способствующих парниковому эффекту, на уровне, который предотвратит опасное

воздействие на климат, во временных рамках, достаточных для адаптации экосистем к естественным изменениям климата;

- обеспечить безопасное производство продовольствия;
- способствовать устойчивому развитию.

Дата	Гидрохлорфторметан	Метилбромид
1.1.2001		75% от уровня 1991 г.
1.1.2003		30% от уровня 1991 г.
1.1.2004	65% от уровня 1996 г.	
1.1.2005		0% от уровня 1991 г.
1.1.2010	35% от уровня 1996 г.	
1.1.2015	10% от уровня 1996 г.	
1.1.2020	5% от уровня 1996 г.	
1.1.2030	0% от уровня 1996 г.	

Таблица 4.1 Планирование сокращения производства и использования гидрохлорфторметана и метилбромида

Обязательства участников. Основное обязательство участников протокола заключается в индивидуальном или совместном снижении общей эмиссии газов, вызывающих парниковый эффект, по крайней мере на 5% от уровня 1990 г. в период 2008-2012 гг.

Формулировки Протокола означают, что некоторые страны снизят эмиссию более, чем на 5%, а другие могут снизить меньше, чем 5%, или даже повысить эмиссию.

Применение в России. Россия подписала Протокол, но применение его осуществляется в малой степени, так как требуемое снижение эмиссии парниковых газов для России по сравнению с базовым годом составляет 0%.

Базельская Конвенция

Задачи Конвенции:

- минимизация образования опасных отходов, обеспечение должного управления размещением и ликвидацией отходов в непосредственной близости от их источника;
- оказание помощи развивающимся странам в организации должного управления охраной окружающей среды при наличии опасных и других отходов.

Историческая справка. Базельская Конвенция была принята в 1989 г. и вступила в силу 5 мая 1992 г. К 1995 г. к Конвенции присоединилось 94 страны, в том числе страны Европейского Союза.

Обязательства стран, подписавших Конвенцию:

- не разрешать экспорт отходов для размещения на территории к югу 60°

ю.ш.;

- запрещать экспорт отходов, если страна-импортер не согласует в письменной форме условия импорта;
- запрещать транспортировку или размещение опасных отходов неуполномоченными на то лицами;
- назначить или учредить одну или более компетентных структур и один контрольный пункт.

В случае какого-либо происшествия при трансграничном перемещении отходов и наличии подозрения на угрозу здоровью людей и окружающей среде в других странах, эти страны должны быть немедленно проинформированы.

Стороны должны пользоваться техническими указаниями по должному управлению охраной окружающей среды в рамках Конвенции.

Экспорт отходов разрешается лишь в том случае, если страна-экспортер «не имеет технической возможности» или «соответствующих площадок для размещения», а страна-импортер имеет эти возможности и средства.

Применение в России. Россия ратифицировала Базельскую Конвенцию 31 января 1995г. Компетентной организацией, ответственной за применение Базельской Конвенции в России, согласно существующему законодательству является МПР РФ. Законодательной базой по управлению отходами является закон «О производстве и утилизации отходов», одобренный Советом Федерации 10 июня 1998 г., подписанный Президентом Российской Федерации и вступивший в силу 24 июня 1998 г. (зарегистрирован как ФЗ №89).

Государственный контроль за трансграничным перемещением опасных отходов в России осуществляется в рамках федерального закона «О ратификации Базельской Конвенции по контролю трансграничных перемещений опасных отходов и их размещения», а также рядом указаний и приказов.

Выполнение международных соглашений требует внедрения в РФ как уже применяемых процедур наблюдения за состоянием окружающей среды.

Глоссарий ключевых терминов

1. **Акт правовой (законодательный) по охране окружающей (человека) среды** – международное или правительственное решение (конвенция, соглашение, пакт, закон, постановление), решение местных органов государственной власти, ведомственная инструкция и т.п., Регулирующие правовые взаимоотношения или устанавливающие ограничения в области охраны природной среды, окружающей человека.
2. **Анализ воды** – определение физических, химических, биологических, технических и других свойств воды и её состава. Анализ воды необходим для оценки пригодности воды для водоснабжения и других целей, а также для исследования качества воды во времени и в пространстве как в естественных, так и в антропогенных условиях.
3. **Антропогенный объект** – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.
4. **База цифровых экологических данных** – совокупность (массив) цифровых данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, структурирования, хранения, управления данными. БЦЭД предназначена для обработки с помощью ЭВМ, составления экологических карт и экологических атласов, обеспечения экологических информационных систем. Она охватывает объекты, относящиеся к какой-либо предметной области (например, б.ц.э.д. выпадению сульфатной серы на территории области, по заболеваемости населения раком желудка и т.п.), фиксирует состояние объектов, их качественные и количественные характеристики, местоположение, связи и отношения. Б.ц.э.д. формируется путем цифрования карт, аэро- и космических снимков, статистических и иных данных. Функционирование и обновление б.ц.э.д. обеспечивается с помощью систем управления базами данных (СУБД).
5. **Банк данных** – систематизированное собрание фактического материала по какому-либо разделу науки, предназначенное для централизованного накопления и использования данных.
6. **Бассейн водосборный** – (син. бассейн стока, площадь водосборная). Часть территории суши, с которой происходит сток воды в реку, речную систему, озеро или море. Каждый водоём имеет поверхностный и подземный стоки, которые, как правило, не совпадают. Загрязнение водосборного бассейна ведёт к загрязнению водоёма. Водоёмы водосборная площадь образуют единую экосистему, нуждающуюся в охране.
7. **Биоиндикаторы** – живые организмы, наличие и состояние которых в

водных объектах служит показателем какого-либо процесса или присутствия некоторых веществ, в том числе загрязняющих, обусловленных хозяйственной деятельностью человека.

8. **Биоиндикация** – оценка качества среды и направлений ее изменения по обитавшим в данной среде организмам. Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов.

9. **Благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

10. **Вред окружающей среде** – негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

11. **Выбросы (сбросы) предельно допустимые** – максимальные количества веществ в сточных водах, допускаемые для сброса в водный объект в данном пункте в единицу времени и не нарушающие норм качества воды в данном створе. ВПД устанавливаются с учётом ПДК веществ в местах водопользования, самоочищающей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями.

12. **ГИС** – автоматизированная информационная система, предназначенная для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация.

13. **Загрязнение окружающей среды** – поступление в природную среду любых твёрдых, жидких, газообразных веществ, микроорганизмов или видов энергии (звукового, электромагнитного или радиоактивного излучения) в количествах, вызывающих изменения состава и свойств компонентов природы и оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну. По происхождению загрязнение окружающей среды разделяют на антропогенное и естественное, по воздействию на организмы и экосистемы – на механическое, физическое, биологическое и химическое. Среди антропогенных процессов, вызывающих загрязнение окружающей среды, основными являются:

1) перемещение человеком огромных масс твёрдых, жидких и газообразных веществ земли;

2) создание геохимических циклов с участием новых неорганических, металлоорганических и органических соединений, не имеющих себе аналогов в природной обстановке;

3) распространение человеком живого вещества в области существования косных систем литосферы, гидросферы и атмосферы, создание биокосных систем;

4) создание новых видов.

14. **Загрязнённость** – степень загрязнения объекта или среды различными

загрязнителями.

15. **Загрязняющее вещество** – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

16. **Информационный портрет обстановки** представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределенных данных, привязанных к картеместности и характеризующих обстановку на некоторой территории.

17. **Информация экологическая** – сведения об экологическом состоянии объекта.

18. **Кадастр** – систематизированный свод данных, включающий качественную и количественную опись объектов или явлений с их эколого-социально-экономической оценкой. Содержит физико-географическую характеристику, классификацию, данные о динамике, степени исследованности с приложением картографических и статистических материалов. Может включать рекомендации по использованию объектов или явлений, мерам их охраны и др. данные. Существует большое число различных кадастров: водный, земельный, лесной, месторождений полезных ископаемых и др.

19. **Кадастр водный** – систематизированный каталог данных о водных объектах и ресурсах страны, республики, региона.

20. **Карст** – совокупность явлений и процессов, связанных с деятельностью поверхностных и подземных вод и выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот разного размера и формы. Для развития карста необходимо развитие растворимых (карстующихся) пород значительной мощности, наличие градиента напора у подземных вод, их агрессивности.

По характеру размываемых пород различают карбонатный, сульфатный, солевой и другие виды карста; по времени образования – древний и современный; по глубине положения – глубокий, мелкий и поверхностный. Известно большое число отрицательных карстовых форм – поверхностных (карры, поноры, воронки, котловины, поля, долины) и подземных (каналы, колодцы, воронки, галереи, пещеры, пропасти и т.д.). Развитие карста способствует быстрому распространению загрязнения, активные карстовые процессы приводят к выводу земель из пользования. В результате техногенного давления на гидrolитосферу (снижение уровня подземных вод, повышение их агрессивности и т.д.) возникает техногенный карст, приводящий к серьезным негативным последствиям.

21. **Карта экологическая** – карта, отображающая экологическое состояние природной системы.

22. **Качество окружающей среды** – понятие, отражающее взаимоотношения человека с природой. Критерием качества окружающей

среды выступает здоровье человека. Среда оценивается здоровой и комфортной, когда здоровье человека находится в норме или улучшается. Одним из главных компонентов качества окружающей среды является состояние водных ресурсов, в т. ч. чистота и состав подземных вод.

23. **Ландшафт** – основная единица физико-географического районирования территории – генетически единый район с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером поверхностных и подземных вод, закономерным сочетанием почв, растительных и животных сообществ. Среди видов ландшафтов выделяют ландшафт антропогенный, созданный в результате деятельности человека.

24. **Методы анализа гравиметрические** – методы, основанные на выделении исследуемого компонента в осадок с последующим его отделением и взвешиванием. Часто используются в качестве арбитражных в анализе сульфатов.

25. **Методы анализа объёмные** – совокупность методов количественного анализа, основанных на измерении объёма жидкой фазы. Методы используют взаимодействие исследуемого компонента с реактивом, который добавляется в пробу воды в виде раствора определённой концентрации до того момента, пока количество прибавленного реактива не станет эквивалентно количеству определяемого компонента в растворе. Методы являются основными для определения макрокомпонентов природных вод.

26. **Методы анализа спектральные** – совокупность методов, основанных на исследовании эмиссионных спектров, которые образуют различные вещества при нагревании их в пламени электрической дуги, искры и пр. В гидрогеохимии наибольшее распространение получили методы эмиссионной, в т. ч. пламенной фотометрии, использующие фотометрическую регистрацию спектров излучения, а также атомно-абсорбционной спектрометрии, основанные на фотометрической регистрации спектров поглощения. Эти методы применяются для определения химических элементов в природных водах.

27. **Методы анализа фотометрические** – совокупность методов качественного количественного определения компонентов химического состава по интенсивности инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучения. К фотометрическим методам анализа относят атомно-абсорбционный анализ, нефелометрию, спектрофотометрию, фотоколориметрию, люминесцентный анализ. Фотометрические методы анализа основаны на избирательном поглощении электромагнитного излучения в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой областях молекулами определяемого компонента или его соединений с соответствующим реагентом. Используются при определении главных ионов, биогенных веществ, тяжёлых металлов, фенолов, СПАВ, нефтепродуктов и др.

28. **Методы анализа фотохимические** – методы, основанные на способности ультрафиолетового излучения полностью разлагать органические соединения. Позволяют определять содержание тяжёлых металлов независимо от форм существования, органических. форм галогенов, серы и некоторых других элементов.

29. **Методы анализа химического состава вод** – методы, используемые для качественного и количественного определения химического состава вод. Наибольшее применение получили методы химические (гравиметрический, объёмный анализ), электрохимические (потенциометрия, кондуктометрия, полярография), оптические (фотометрия, спектрофотометрия, спектральный анализ), фотометрические, хроматографические (жидкостная хроматография) и др.

30. **Методы анализа хроматографические** – методы разделения жидких и газообразных смесей, основанные на различии распределения компонентов смеси между двумя фазами – подвижной и неподвижной. В зависимости от агрегатного состояния (газ или жидкость) и характера взаимодействия между сорбентом и разделяемыми компонентами хроматография делится на газовую (применяется при определении пестицидов, органических кислот, аминов и пр.) и жидкостную (применяется при разделении органических кислот; для отделения аминокислот, сахаров и органических кислот от других классов соединений; при определении нефтепродуктов, жиров, органических кислот, пестицидов, фенолов).

31. **Методы анализа электрохимические** – методы, основанные на измерении электрохимических свойств жидкой фазы: окислительно-восстановительного потенциала, электрической проводимости, силы полярографического тока и другие.

32. **Методы исследования дистанционные** – методы исследования объектов и воздействующих на них факторов с помощью приборов, находящихся на расстоянии от объекта или наблюдателя.

33. **Методы исследования дистанционные неконтактные** – методы неконтактного определения некоторых параметров по электромагнитному (собственному или индуцируемому специальным источником) излучению, в частности, видимой, инфракрасной, сверхвысокочастотной и других областей спектра. Приёмники излучения могут находиться на борту самолёта, космического аппарата, судна.

34. **Методы исследования подземных вод дистанционные контактные** – методы определения концентраций компонентов химического состава воды путём использования измерительных преобразователей и устройств, погружённых в воду на некотором расстоянии от измерительных приборов. При этом в одних случаях вода подаётся к измерительному прибору, в котором производится непрерывное измерение концентрации компонентов, в других на измерительный прибор подаются электрические сигналы (пропорциональные концентрации компонентов) в цифровом или

аналоговом виде с измерительных преобразователей, находящихся в воде.

35. **Моделирование** – воспроизведение на специальных моделях различных объектов и свойственных им процессов и явлений с целью получения о них новой информации, используемой при решении научных и прикладных задач.

36. **Мониторинг** – система наблюдения за антропогенными изменениями окружающей среды, оценка и прогноз её состояния на фоне её естественных изменений. Различают три ступени мониторинга:

1 – биоэкологический, санитарно-гигиенический, включающий наблюдения за состоянием природной среды с точки зрения её влияния на человека;

2 – геоэкологический, включающий наблюдения за изменением природных экосистем по следующим показателям: массоэнергообмен, биопродуктивность, способность к самоочищению и т.д.;

3 – биосферный, охватывающий наблюдения за параметрами биосферы в глобальном масштабе. По видам различают мониторинг источников загрязнения, загрязнения атмосферного воздуха, загрязнения поверхностных вод, почв, подземных вод, фоновый.

37. **Нагрузка техногенная (антропогенная)** – воздействие, оказываемое на природную среду хозяйственной деятельностью человека. По форме проявления техногенная. Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

39. **Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов** – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

40. **Нормативы допустимых физических воздействий** – нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

41. **Нормативы качества окружающей среды** – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния

окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

42. Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

43. Отбор проб воды – перевод природной воды в любую ёмкость для сохранения и транспортировки к месту определения её состава и свойств. Объём пробы в зависимости от вида исследования может составлять от нескольких см³, до десятков литров. Технология отбора проб воды зависит от вида водного объекта, задач исследования и определяемого компонента. Отбор проб воды для анализа должен производиться таким образом, чтобы гарантировать исключение элементов случайности в отношении отобранной пробы (загрязнение, застойность) и обеспечить максимальное сохранение солевого и газового составов исследуемых вод. Пробы воды из самоизливающихся и неэксплуатируемых скважин рекомендуется отбирать после откачки из них двух- трёхкратного объёма водяного столба восстановления уровня вод. Перед взятием проб из скважины, оборудованной краном, необходимо спустить воду, находящуюся в трубе. Для обеспечения максимального сохранения в воде нестойких компонентов применяется консервация проб воды.

44. Отбор проб газа – получение и перевод в ёмкости представительного объёма природного газа с целью сохранения его объёма и состава во время транспортировки до момента исследования. Отбор проб газа осуществляется с помощью принудительной дегазации. Отобранные пробы обычно помещают в стеклянные ёмкости с водяным затвором или в герметичные сосуды.

45. Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию её последствий.

46. Оценка воздействий на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или

невозможности её осуществления.

47. **Парниковый эффект** – (син. тепличный эффект, оранжерейный эффект) – эффект разогрева нижних слоев атмосферы у земной поверхности, вызванных поглощением длинноволнового (инфракрасного) излучения земной поверхности.

48. **Природная среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов.

49. **Природно-антропогенный объект** – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

50. **Природные ресурсы** – компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии.

51. **Природный комплекс** – комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками.

52. **Природный ландшафт** – территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях.

53. **Природный объект** – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

54. **Проба воды** – определённый объём природной воды, отобранный с целью определения её состава и свойств. Предварительная обработка и транспортировка пробы воды должны осуществляться таким образом, чтобы содержание определяемых компонентов и свойства воды не изменялись.

55. **Прогноз экологический** – предсказание поведения экосистем, определяемого естественными процессами и воздействием на них человека. По масштабам прогнозируемых явлений прогноз экологический делят на глобальный (биосферный или физико-географический), региональный (в пределах нескольких стран, одного материка, океана, моря, крупного озера), национальный (в пределах государства) и локальный (для относительно небольших территорий).

56. **Проект** – это ограниченное во времени и относительно сложное задание с установленными требованиями к качеству результатов и возможными рамками расхода средств и ресурсов.

57. **Репрезентативность данных** – представительность экспериментальных данных, натурных наблюдений, проб, выборок и т.д., наиболее полно отражающих исследуемый природный объект.

58. **Репрезентативность пунктов наблюдения** – представительность (соответствие) пункта наблюдения в отношении изучаемого элемента как с точки зрения соответствия данному месту наблюдения предъявляемым требованиям, так и с точки зрения отражения условий, характерных для более или менее значительной территории.

59. **Риск** – вероятность возникновения нежелательного эффекта в течение определенного времени или при определенных обстоятельствах.

60. **Стандартизация** – это разработка и внедрение в практику обязательных для выполнения технических и других объективных требований и норм (стандартов), регламентирующих человеческую деятельность по отношению к окружающей среде.

61. **Стационар экологический** – постоянная научно-исследовательская станция, предназначенная для систематических наблюдений и исследований природных объектов с экологическими целями.

62. Управление охраной окружающей среды – обеспечение выполнения норм и требований, ограничивающих вредное воздействие антропогенной деятельности на окружающую природную среду, а также рациональное использование природных ресурсов, обеспечивающих их воспроизводство.

63. **Характеристика риска** – это описание типа и величины негативного эффекта исследуемого загрязнителя для отдельных лиц и групп населения при определенных условиях воздействия.

64. **Экологическая программа** – последовательность определенных действий, направленная на развитие механизмов и средств управления природопользованием; составной частью любой экологической программы является формулирование и обоснование соответствующей экологической стратегии и политики.

65. **Экологические информационные системы (син. Экологические геоинформационные системы, сокр. ЭГИС)** – автоматизированные аппаратнопрограммные системы, осуществляющие сбор, хранение, обработку, преобразование, отображение и распространение пространственно-координированных экологических данных. Э. и. с. предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления экологическими ситуациями.

66. **Экологический риск** – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

67. **Экологическое нормирование** – это установление показателей качества природной среды и предельно допустимых воздействий на нее, научная, правовая, административная и иная деятельность, направленная на установление предельно допустимых норм воздействия (экологических регламентов, нормативов) на окружающую среду, при соблюдении которых

не происходит деградация экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения.

68. **Экологическое прогнозирование** – процесс исследования возможных путей развития природных систем или их компонентов в будущем, определяемого как естественными процессами, так и воздействием на них хозяйственной деятельности человека с использованием разнообразных методик.

69. **Эмиссия** – выброс, поступление газообразных, жидких, а также твёрдых загрязняющих веществ или энергии из предприятий, домов и др. Природных и техногенных систем в окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологический мониторинг является информационной основой для широкого спектра природоохранной деятельности. Постоянный мониторинг лежит в основе функционирования кадастровых и геоинформационных систем, а также экосистемного анализа.

Данные экологического мониторинга используются при принятии управленческих решений, проведении экологической экспертизы (например, для оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)), экологического аудита и в других смежных областях. Глобальная система экологического мониторинга позволяет получать колоссальный объём данных любого масштаба. Это данные метеорологических станций, систем дистанционного зондирования (космические снимки, сейсмосъёмка, электромагниторазведка и т. п.).

Для анализа полученных данных, а также для прогнозирования на основе обработки этих данных требуются колоссальные вычислительные мощности, но грамотная оценка ситуации даёт информацию о качестве окружающей среды, существующих резервах экосистем и позволяет реализовать экологически целесообразные управленческие решения. Перспективным направлением является биологический мониторинг. В этой области до сих пор слабо формализованы методы оценки, но потребность в определении качества среды очень высока.

Для понимания закономерностей функционирования популяционно-видового, экосистемного уровня и надэкосистемных структур необходимо применять новейшие разработки этого направления. Это методы биоиндикации, математические методы сравнительного анализа компонентов биоразнообразия, информационные технологии и т. д. Основные проблемы организации мониторинга связаны с решением трёх главных задач:

- 1) создания сети пунктов наблюдения,
- 2) возможности оперативного контроля объектов;
- 3) выбора контролируемых параметров и показателей состояния объектов ОС, необходимых и достаточных для адекватного описания состояния экосистемы.

Концепция создания комплексной системы мониторинга природной среды в целом в настоящее время практически не реализуема, т. к. существующая система фактически состоит из отдельных подсистем мониторинга качества объектов ОС (вода, воздух, почва), которые слабо методологически связаны между собой. Поэтому следует создавать системы мониторинга отдельных сред с последующей их методологической и метрологической увязкой.

Литература

1. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. –Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
2. Патова, Е. Н. Экологический мониторинг : учебное пособие / Е. Н. Патова, Е. Г. Кузнецова ; Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 2 с
3. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов/ Д.А. Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
4. Найдено В.В., Губанов Л.Н., Косариков А.Н., Афанасьева И.М., Иванов А.В. // Эколоого-экономический мониторинг окружающей среды./ Учебное пособие. Нижний Новгород, 2003. –186 с.
5. Экологический мониторинг окружающей среды : учеб. пособие для вузов : в 2 т. / Ю.А. Комиссаров, Л.С.Гордеев, Ю.Д. Эдельштейн, Д.П. Вент; под ред. П.Д. Саркисова. – М. :Химия, 2005.
6. Королев, В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем : учеб. пособие / В.А. Королев ; под ред. В.Т. Трофимова. – М. : КДУ, 2007. – 416 с.
7. Экологическое право : учебник для вузов / под ред. С.А. Боголюбова. – М.:Высшееобразование,2006.– 485с.
8. Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : учеб. пособие / Л.К.Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – 4-е изд., стер. – М. : ысшая школа, 2008. – 334с.
9. Голдовская, Л.Ф. Химия окружающей среды : учебник для вузов / Л.Ф.Голдовская.–М.:Мир,2005 – 296с.
10. Скурлатов, Ю.И. Введение в экологическую химию : учеб. пособие /Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А.Мизити.– М.: Высшая школа, 1994.– 400с.

Электронное учебное издание

Виктор Федорович **Каблов**
Наталья Александровна **Соколова**
Инна Николаевна **Хлобжева**
Владимир Григорьевич **Кочетков**

Мониторинг окружающей среды

Учебное пособие
Часть 1

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2017 г. Поз. № 1В.

Подписано к использованию 20.12.2017. Формат 60х84 1/16. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 6,56.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.