

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

**В.П. ЗВОЛИНСКИЙ, М.Д. ХАРЛАМОВА
А.И. КУРБАТОВА, В.А. ГОДИК
Л.И. БОГУСЛАВСКИЙ, Е.П. СИДОРОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ**

Учебное пособие

**Москва
2008**

ВВЕДЕНИЕ

Неконтролируемый рост численности населения и, как следствие, неуправляемый технический прогресс, направленный на удовлетворение увеличивающихся потребностей человека, привел в XXI веке не просто к ухудшению экологической обстановки на планете, но и радикально изменил ход глобальных и локальных экологических процессов. Энтропийные процессы в глобальной экосистеме планеты Земля, согласно законам термодинамики, набирают силу. Сегодня вопрос состоит не только и не столько в выявлении источников негативного воздействия и констатации результатов этого воздействия. Речь идет о насущной необходимости разработки и принятия решений - научных, технических, законодательных, управлеченческих, направленных на сдерживание энтропии системы, то есть если не на полное восстановление защитного природного потенциала, то хотя бы на нивелирование негативных последствий и, главное, устранение причин, вызывающих его снижение. Для многих депонирующих среда точка экологического равновесия уже пройдена. Глобальное потепление свидетельствует о необратимых процессах и в атмосфере, которая является транзитной средой и традиционно считается наиболее динамичной системой с высокой способностью к самоочищению. Решением комплекса этих проблем сегодня занимается экологическая диагностика.

Методологической основой современной экологической диагностики является системный подход. На его основе можно определить состав экосистемы, установить количественный и качественный характер взаимодействий элементов системы с природными и техногенными объектами окружающей среды, определить условия, при которых состояние системы будет устойчивым, а также выявить факторы, которые влияют на динамику этого равновесия. При этом система, это не просто «целое, которое состоит из частей». Система, по мнению академика П.К. Анохина, является «комплексом таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата» [1]. Объектом экологического системного анализа, т.е. экологической диагностики, являются системы различного уровня, в том числе и человек, который в силу своего особого статуса в природе, одновременно является и субъектом, вынужденным на данном этапе развития природы и общества осуществлять этот анализ. Целью анализа является установление функциональных зависимостей внутри экосистемы, оценка результата этих взаимодействий и, как результат, ее устойчивости, и разработка возможных вариантов корректировки нарушенного равновесия.

В живом организме состояние устойчивости определяет его благополучие. Отклонение от нормы - есть диагностический признак. Заболевание, которое характеризуется рядом диагностических признаков, может быть излечено различными способами. Можно лечить непосредственно причину заболевания, а можно ускорить выздоровление, опираясь на защитный потенциал и стимулируя естественные восстановительные процессы в организме. Правильно и своевременно поставленный диагноз, то есть найденная причина заболевания, многократно увеличивает шансы больного на выздоровление. Экосистемы различного уровня, подобны живому организму. С одной стороны, чем более высоко организован организм, тем труднее диагностировать причину заболевания. С другой стороны, чем он выше организован, тем больше у него потенциал самовосстановления и адаптации, тем более развита у него сигнальная система, способная вовремя подать сигнал бедствия в виде боли или других ощущаемых организмом признаков. Человек, как высший и наиболее совершенный представитель животных организмов, помимо всего прочего, имеет возможность с помощью кодированных сигналов (речи, жестов) осознанно передавать информацию о состоянии своего организма. К сожалению, этой возможности лишены как все остальные индивидуальные живые организмы, являющиеся элементами природных экосистем, так и экосистемы в целом.

Таким образом, задачей как медицинской, так и экологической диагностики является установление (по явным и скрытым признакам) причинно-следственных связей: «воздействие - реакция (изменение в лучшую или в худшую сторону) - последствия - разработка методики лечения (восстановления)».

Целью курса является изложение методологии комплексного системного подхода в исследовании возможностей и методов выявления источника, характера и уровня оказываемого антропогенного воздействия на различные экосистемы, анализ и прогнозирование возможных последствий для окружающей среды и человека.

В задачи курса входит формирование у студентов теоретической базы знаний, а также развитие практических навыков и умений в следующих областях:

1. Комплексная оценка воздействия антропогенных факторов на объект диагностирования с помощью методов экологического контроля;
2. Организация и проведение экологического мониторинга объектов диагностирования;
3. Проведение оценки фонового загрязнения объекта;
4. Разработка и применение нормативов загрязнений и стандартов качества ОС с учетом фоновых загрязнений;
5. Установление диагноза природной окружающей среды;
6. Моделирование глобальных биосферных процессов;
7. Прогнозирование чрезмерной индустриализации природно-техногенных систем.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Основные понятия. Объекты экологической диагностики. Естественные и антропогенные экосистемы. Непосредственные источники техногенного загрязнения природно-антропогенных систем. Компоненты природно-антропогенных систем (атмосфера, гидросфера, почвы, геологическая среда, флора и фауна, человек). Социоприродные экосистемы. Состояние человека, как отражение состояния экосистемы. Городские и промышленные экосистемы. Агрогеосистемы. Становление, подходы и развитие научных основ экологической диагностики.

1.1 Основные понятия, объекты, цели и задачи экологической диагностики

Предметом исследования экологической диагностики является изучение состояния природно-техногенных систем. Экологическая диагностика изучает причины и масштаб неблагоприятных воздействий антропогенных и природных процессов, идентифицирует источники воздействия и устанавливает диагноз «заболевания» (степени нарушенности природной окружающей среды).

Экологическая диагностика использует данные экологического мониторинга и методов контроля для определения состояния природной среды и построения диагностических моделей экосистемы.

Эффективность экологической диагностики определяется качеством алгоритмов диагностирования, полнотой баз данных, которые зависят от качества аналитического оборудования и профессионального уровня исследователей.

1.1.1 Основные понятия и термины экологической диагностики

Термины и определения, используемые в экологической диагностике, содержатся в ГОСТ ИСО 14050-99 "Управление окружающей средой. Словарь" [2]. При формировании этого словаря использовались следующие стандарты: ГОСТ Р ИСО 14001-98, ГОСТ Р ИСО 14004-98, ГОСТ Р ИСО 14010-98, ГОСТ Р ИСО 14011-98, ГОСТ Р ИСО 14012-98, ИСО 10241-92 Специальные термины, используемые в данном пособии приведены в глоссарии.

1.1.2. Объекты экологической диагностики

Объектами экологического диагностирования являются биотические и абиотические компоненты атмосферы, гидросферы и литосферы.

Атмосфера. Современная земная атмосфера - многокомпонентная оболочка Земли массой менее 10^6 ее массы и радиусом порядка 10^{-3} радиуса Земли. Непосредственное влияние на человека в основном оказывает тонкий слой приземной атмосферы, высота которого составляет несколько сот метров. Именно этот атмосферный слой подвергается наибольшим воздействиям в результате деятельности человека, определяя условия жизнедеятельности биоты, а также климатических изменений.

Исследования состояния и изменений атмосферного воздуха являются основными в экологической диагностике, т.к. именно атмосфера, благодаря особенностям [строения и состава](#), а также благодаря протеканию химических, физических и физико-химических процессов, является транзитной средой для превращений и перемещений загрязнений. Подробно состав загрязнений атмосферного воздуха рассматривается в гл. 2 данной работы.

Физические поля определяют многие свойства и структуру земной атмосферы:

- электромагнитное поле, включающее в свой состав оптическое излучение (ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное);
- гравитационное поле, определяемое преимущественно полем тяготения Земли;

- электростатическое поле (атмосферное электричество), характеристики которого в земной атмосфере варьируют в широком диапазоне и являются важными параметрами для многих атмосферных процессов и явлений;
- магнитное поле Земли (геомагнетизм); космические лучи как особый сверхкороткий диапазон электромагнитных волн - поток заряженных частиц высокой энергии (в основном протонов).

Все компоненты земной атмосферы имеют неоднородное распределение вдоль земной поверхности и по высоте - по [слоям или по сферам](#). Изменяются также и основные физические параметры этих компонент, неоднородность которых по высоте выражена более четко, чем по горизонтали.

К [малым газовым составляющим атмосферы](#) относятся вещества, указанные в табл. 1.1 [2], начиная с углекислого газа и далее, [водяной пар](#), [озон](#), многие газы индустриального происхождения, вызывающие загрязнение атмосферы и называемые антропогенными газовыми примесями и др.

Для измерения малых газовых компонент и аэрозолей используют [различную аппаратуру](#) :

Таблица 1.1

Газ	Молекулярная масса, а.е.м.	Объемное содержание, %	Полное содержание в вертикальном столбе, атм•см
Азот N ₂	28,013	78,084	$6,24 \cdot 10^5$
Кислород O ₂	32,000	20,946	$1,68 \cdot 10^5$
Аргон Ar	39,948	0,943	$7,47 \cdot 10^3$
Углекислый газ CO ₂	44,010	0,033	$2,51 \cdot 10^2$
Неон Ne	20,183	$0,182 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^1$
Гелий He	4,003	$0,052 \cdot 10^{-2}$	4,2
Криптон Kr	83,800	$0,011 \cdot 10^{-2}$	0,9
Водород H ₂	2,016	$0,005 \cdot 10^{-2}$	0,4
Ксенон Xe	131,300	$0,087 \cdot 10^{-4}$	0,7

[Общая циркуляция атмосферы](#) характеризует совокупность воздушных течений большого масштаба (в масштабах материков и океанов) и является результатом существующих макронеоднородностей температуры и давления на планете. Эти постоянные неоднородности, вызванные прежде всего разницей солнечной радиации на высоких и низких широтах, обусловливают глобальную составляющую скорости ветра в земной атмосфере. В связи с постоянной разностью температур в атмосфере на низких (экваториальных) и высоких (полярных) широтах возникает барический градиент, направленный вдоль меридиана от экватора к полюсам.

Литосфера и педосфера. Диагностика литосферы в первую очередь сводится к диагностике почв, или педосфера, которые являются одновременно транзитными и депонирующими средами для разных видов примесей. Одной из главных характеристик почвы, является ее текстура, которая подразумевает соответствующие пропорции частиц глины, пыли и песка: частицы диаметром менее 0,002 мм - глина; диаметром 0,002...0,05 мм пыль и 0,05...2 мм - песок. Соответствующее количество этих компонент определяет текстуру (например, песчанистая глина, пылеватый суглинок и т.д.) отдельного типа почв (рис. 1.1) [2]. Подробно строение и характеристики почв будут рассмотрены далее в данной главе.

[Спектральная отражательная способность почвы](#), являющаяся важным фактором при проведении дистанционного зондирования, зависит от ее текстуры, т.е. от влияния текстуры на способность почвы удерживать влагу.

Основные направления исследования экологии и ресурсов материковой части Земли приведены на рис. 1.2 [2].

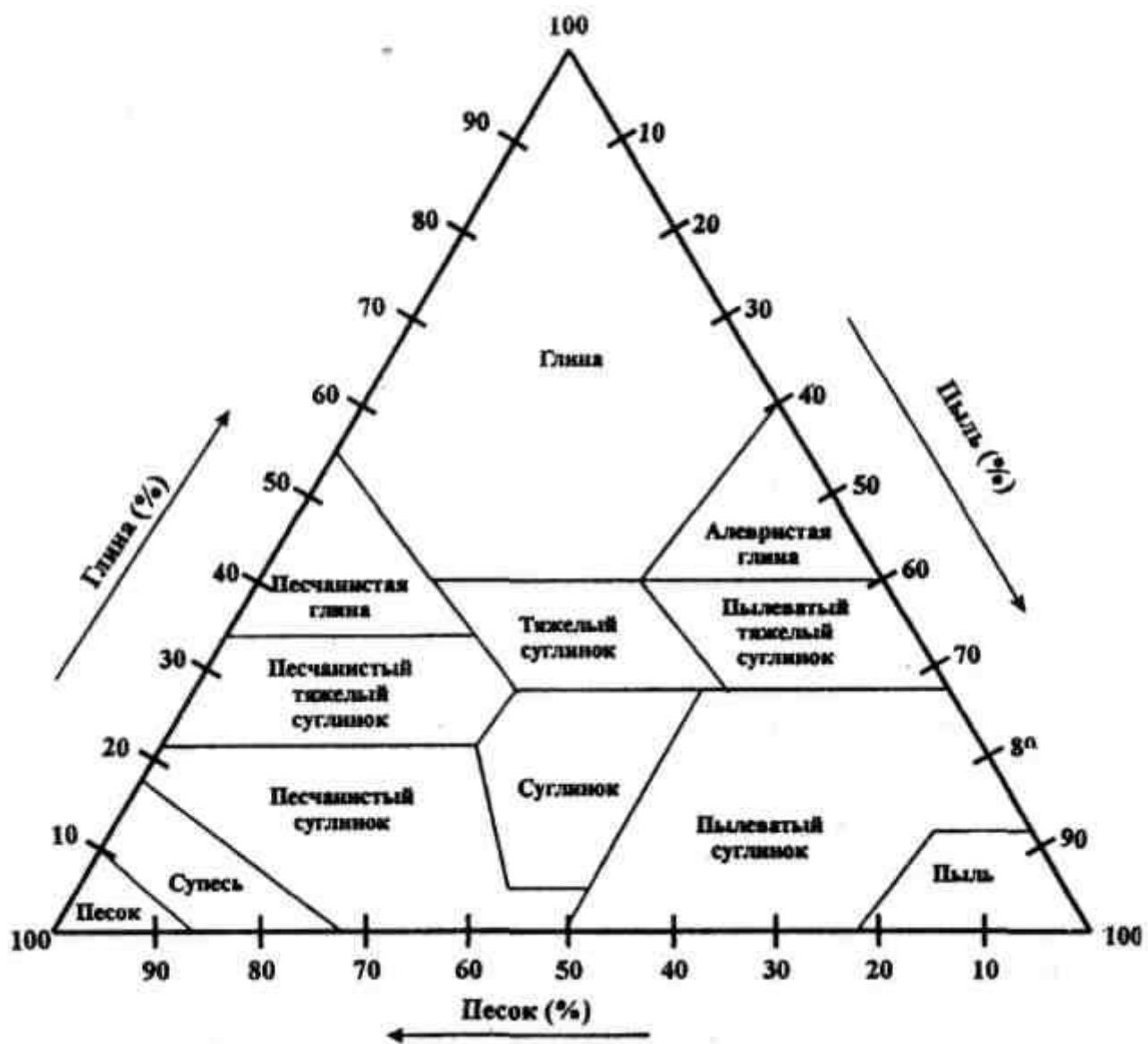


Рис. 1.1. Треугольник текстур почв, показывающий соответствующее процентное содержание частиц глины, пыли и песка в различных классах текстур почв

Гидросфера. Повышение интереса к проблеме Мирового океана связано с возможно более широким использованием его ресурсов. Это обусловлено как увеличением численности населения на Земном шаре и потребности человечества в продовольствии и минеральном сырье, так и ограниченностью пищевых и минеральных ресурсов, производимых на суше, а также постепенным истощением береговых источников сырья.

Океан - это не только кладовая ресурсов, но и один из главных элементов в общей системе экологического равновесия на Земном шаре. Океан оказывает сильное влияние на состояние атмосферы, формирование погоды, климат, энергетический и газовый балансы планеты, круговорот веществ в природе.

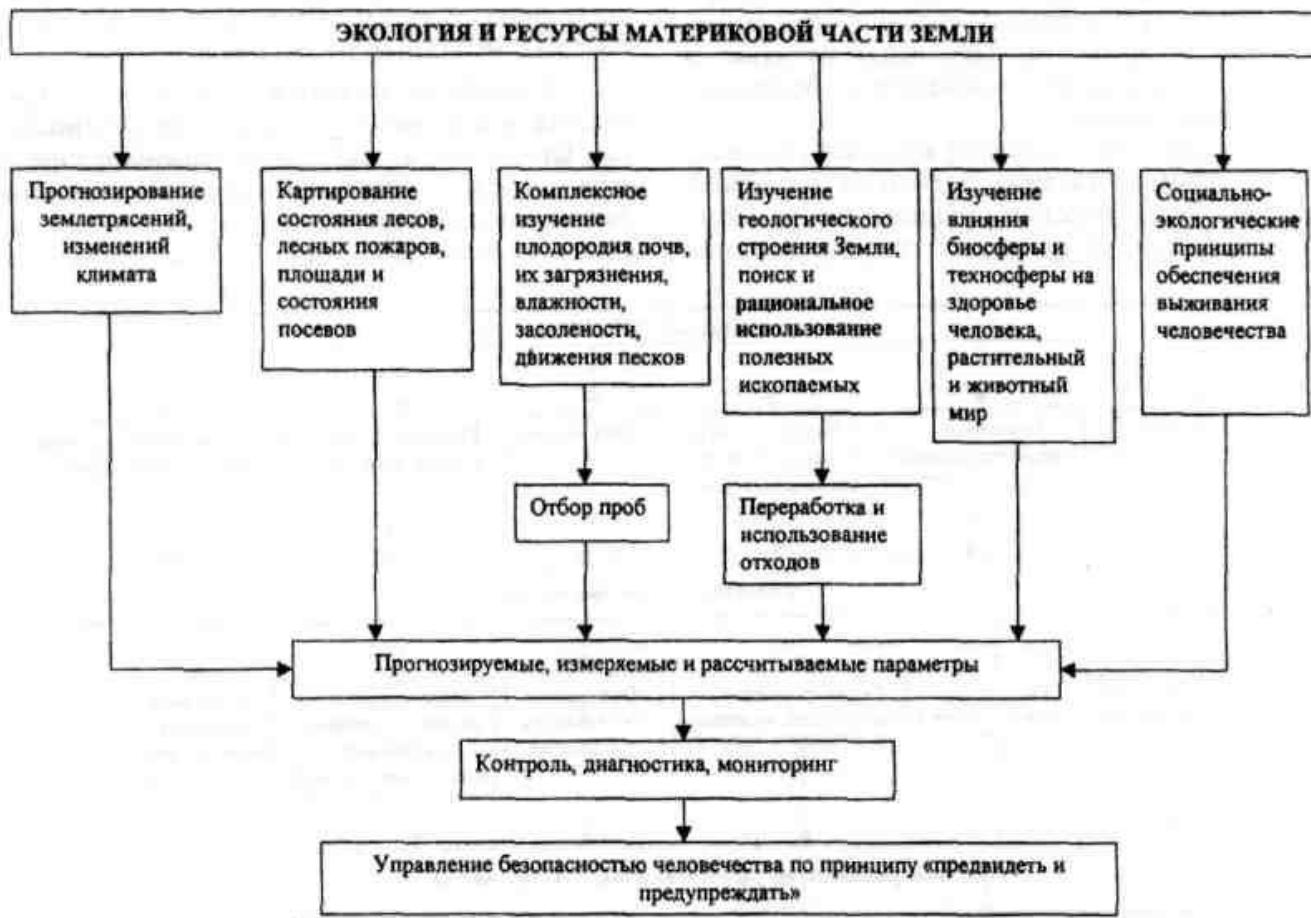


Рис. 1.2. Основные направления исследования экологии и ресурсов материковой части Земли

Основные водные объекты и их параметры диагностирования приведены на рис. 1.3 [2].



Рис. 1.3. Основные водные объекты и их параметры диагностирования

Увеличивающиеся масштабы промышленной деятельности человека, растущее количество отходов, сбрасываемых в моря и океаны, начинают все более сильно сказываться на естественных процессах в Мировом океане. Раньше вопрос об уязвимости океана как экологической системы не ставился,

поскольку способность морской среды к регенерации считалась неограниченной. Полагалось, что последствия деятельности человека, связанной с использованием и освоением океана, малы по сравнению с масштабами естественных процессов, происходящих в нем. Однако стало ясно, что растущее загрязнение Мирового океана наносит серьезный вред живым организмам и водной среде.

В целях наиболее эффективной охраны и сохранения водных ресурсов уже сегодня необходимо решить следующие задачи:

- ввести систематическую оценку уровня загрязнений внутренних водоемов, морских и океанических вод;
- выполнить прогноз динамики загрязнений вод с учетом сбросов, гидрометеорологических и гидрохимических условий;
- разработать рекомендации по оптимальному режиму сбросов в конкретных районах, при соблюдении которых процессы естественной утилизации загрязнений будут превалировать над процессами их поступлений;
- дать всестороннюю научно обоснованную оценку тех негативных последствий, к которым приводят загрязнения;
- разработать эффективные методы диагностирования различных видов загрязнений, и в первую очередь, химических, поскольку своевременное обнаружение загрязнений позволяет существенно уменьшить наносимый ими ущерб.

1.1.3 Основные задачи экологической диагностики

Задачи диагностики окружающей среды заключаются в следующем:

- научное прогнозирование глобальных изменений окружающей среды;
- обеспечение выживания человечества;
- решение проблемы рационального использования ресурсов;
- охрана жизни и здоровья человека (рис. 1.4) [2];
- защита биосферы.

Важнейшей задачей остается уточнение и исследование основных экологических диагностических параметров и характеристик всех исследуемых событий. Связи средств экологической диагностики через измерения с конечным результатом - уменьшением радиационного, химического, биологического, сейсмического и других влияний - показаны на рис.1.5 [2].



Рис. 1.4. Основные задачи диагностики окружающей среды



Рис. 1.5. Связи средств экологической диагностики

Решение актуальных экологических проблем требует использования различных физических, физико-химических, химических и биологических методов исследования. При этом необходимо размещать на одной платформе различные измерительные каналы диагностирования атмосферы, водной среды и почвы одновременно, а также осуществлять автоматический мониторинг больших пространств и территорий (рис. 1.6) [11].



Рис. 1.6. Экологические проблемы окружающей среды

1.2 Естественные и антропогенные экосистемы

Любая биологическая система может функционировать и развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных поступлений из окружающей ее внешней среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно. Для производства работы экологическая система должна получать соответствующую энергетическую дотацию. Однако природные системы не располагают достаточным запасом информации, для того чтобы самостоятельно компенсировать техногенное воздействие. В то же время экологическая система как структурная часть биосферы, являющаяся источником требуемых организму материальных ресурсов, представляет собой химическую среду обитания.

Природные системы характеризуются высоким уровнем упорядоченности, сбалансированности происходящих в них энергетических и биологических процессов. Их существование основано на энергии, вырабатываемой в процессе фотосинтеза и заключенной в продуктах их жизнедеятельности. Природные экосистемы являются экологическими единицами биосферы, имеют видовую, пространственную, трофическую структуру, что определяет обмен веществ как между организмами, так и между живыми и абиотическими ее компонентами. Глобальный биогенный круговорот веществ состоит из круговоротов, происходящих в элементарных экосистемах. В каждой из природных экосистем обязательные их составляющие – продуценты, консументы, редуценты – никогда не представлены одним видом, но всегда их набором. Это своеобразная гарантия того, что в случае ослабления или утраты одного вида, его функции принимают на себя другие, и биогеоценоз продолжается. Эта сложная взаимосвязь обеспечивает устойчивость жизненных процессов в природной экосистеме. Видовая, трофическая и пространственная структуры обеспечивают устойчивость природных экосистем, их сопротивляемость внезапным и кратковременным воздействиям. При перманентных негативных воздействиях потоки нагрузок вызывают качественные изменения и переводят экосистему на новый уровень, характеризующийся совсем другим составом вещества и снижением запаса полезной энергии.

Антропогенные системы (промышленные и селитебные агломерации, агрогеосистемы) не могут стабильно существовать только за счет поступающей солнечной энергии и для обеспечения собственной упорядоченности требуют колоссальных энергетических и материальных дотаций извне. Получение этих дотаций в виде полезных ископаемых, древесины, природного топлива возможно только из природных систем биосферы, что ведет к глобальному разрушению последних на огромных территориях. Складирование отходов производства и потребления приводит к отчуждению сотен гектаров земли, леса вытесняются пустынями, реки и озера пересыхают и жизнь в них прекращается, образуются полностью

нарушенные антропогенные ландшафты. Кроме того, любая созданная человеком система так или иначе со временем замещает природную, формируясь на ее естественной территории. Опасность заключается в том, что природопреобразовательная деятельность человека, направленная на удовлетворение собственных потребностей, носит в основном экстенсивный характер, вовлекая тем или иным способом в сферу своих интересов все новые территории. В результате нарастает неупорядоченность (энтропия) природных систем, что ведет к разрушению биосферы в целом.

Следует отметить, что к настоящему времени на Земле практически не осталось экологических систем, не подверженных в той или иной мере антропогенному воздействию.

1.3 Техногенные источники загрязнения природно-антропогенных систем

В соответствии с законом сохранения массы (вещества) при любом физическом или химическом изменении вещество не возникает и не исчезает, но лишь изменяет свое физическое или химическое состояние. За длительное время существования жизни на Земле установились значения параметров окружающей среды (ОС), при которых жизнь существует. Человечество временно пользуется какими-то видами ресурсов Земли, перемещая их, превращая в продукты или полезные товары. Все что выброшено, остается с нами.

В настоящее время население Земли достигло шестимиллиардной величины [3]. Человеческая деятельность (строительство жилья, дорог, земледелие, добыча полезных ископаемых, промышленное производство), направленная на достижение определенного благосостояния, изменяет природные ландшафты, создает новую искусственную среду обитания человека, чуждую ему, как биологическому существу. Несколько поколений людей живут в трансформированной природной среде, пытаясь приспособиться к ней. Раньше, когда уровень адаптогенной нагрузки был незначителен, это влияние компенсировалось адаптационными способностями живых организмов.

На рубеже XXI века ситуация изменилась. Экспериментально подтверждены необратимые изменения параметров ОС, что все чаще приводит к экологическим кризисам и катастрофам на локальном уровне (фотохимический смог, кислотные осадки, загрязнение водоемов биогенами) и в глобальном масштабе (образование парникового эффекта и глобальное потепление, разрушение озонового слоя в стратосфере и др.). Кроме того, накоплены данные, подтверждающие проявление распада генетических программ человека. Все это привело к тому, что в большинстве стран мира вопросы обеспечения экологического благополучия выходят за рамки принятия конкретных инженерно-технических программ и решений и все более приобретают социально-экономическое звучание, формируют новые стереотипы поведения, нормы морали.

Наблюдается эволюция экологического мировоззрения - от антропоцентризма (человек – центр Вселенной и конечная цель мироздания) к теории естественной биотической регуляции ОС (человек занимает определенную экологическую нишу и его деятельность не должна приводить к нарушению устойчивости биоты (рис. 1.7) и обществу устойчивого развития, когда воздействие на ОС остается в пределах хозяйственной емкости биосферы и не разрушается природная основа для воспроизведения жизни человека. Устойчивость биоты, биологической составляющей, экосистем зависит от многих факторов. Их можно объединить в пять основных принципов:

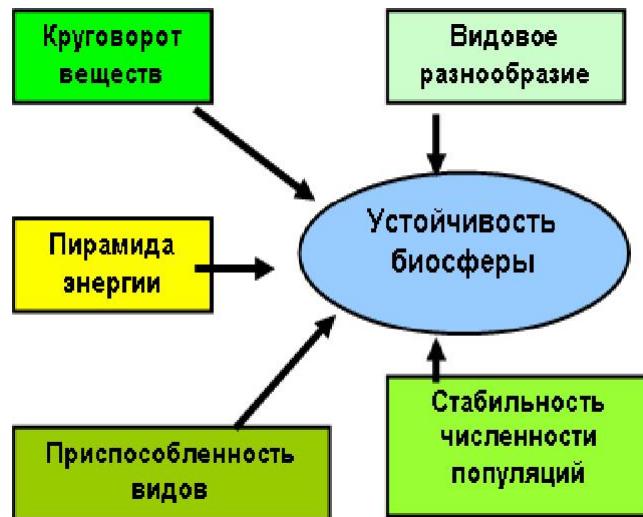


Рис. 1.7. Факторы устойчивости биоты

Изменения в состоянии компонентов окружающей среды и ее природных ресурсов возникают под влиянием *хозяйственной* или *антропогенной деятельности* человека. Под [антропогенной деятельностью](#) понимается любая хозяйственная деятельность человека, направленная на удовлетворение собственных потребностей, вольно или невольно затрагивающая компоненты окружающей природной среды. Антропогенная деятельность вызывает антропогенное воздействие, как правило, имеющее негативные последствия. Примером антропогенного воздействия является вытаптывание травяного покрова в рекреационных зонах (рис. 1.8).

Другим распространенным видом антропогенного воздействия является несанкционированное разведение костров в рекреационных зонах и замусоривание территории мест отдыха и берегов водоемов (рис. 1.9).

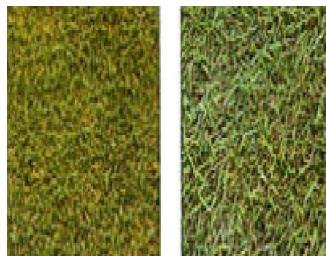


Рис. 1.8.(а, б) Нарушение структуры травяного покрова при вытаптывании а – газон, подвергшийся вытаптыванию б – неповрежденный газон

Последствия такого воздействия негативно отражаются на состоянии прибрежной флоры. На месте кострищ гумусный слой выгорает до углерода и трава не растет в течение двух-трех лет, в зависимости от степени поражения почвенного покрова. Бытовой мусор, состоящий сегодня на 80% из использованной пластиковой тары, практически не подвергается биоразложению и может оставаться в неизменном состоянии сотни лет.



Рис. 1.9. Замусоривание территории мест отдыха и берегов водоемов

Еще одним катастрофическим для природы и самого человека последствием антропогенной деятельности человека являются лесные пожары (рис. 1.10). Последствия лесных пожаров катастрофические потому, что затрагивают все компоненты окружающей среды: происходит загрязнение атмосферы твердыми частицами дыма и газообразными веществами, что приводит к закислению атмосферы и снижению ее прозрачности; гибнут сотни и тысячи гектаров леса, нарушаются биогеоценозы всей лесной экосистемы; обугленные почвы после масштабных пожаров не восстанавливаются в течение десятков лет.



Рис. 1.10. Лесной пожар в тайге

Частным случаем антропогенной деятельности является техногенная деятельность, которая направлена на создание продуктов потребления и средств производства с использованием технических средств и природных ресурсов для удовлетворения потребностей человека, и сопровождается рядом факторов:

1. *Изъятие природных ресурсов* - добыча углеводородного топлива, рудных и инертных материалов, забор воды, заготовка древесины, охотничий промысел, выпас скота на природных пастбищах и т.д.
2. *Природо-преобразовательная деятельность* - ведение строительных, геологоразведочных, водохозяйственных, мелиоративных и других сельскохозяйственных работ, транспортировка грузов.
3. *Поступление в природную среду газообразных, жидких и твердых отходов, а также избыточного тепла* - результат переработки полезных ископаемых, лесной и сельскохозяйственной продукции, выработки тепловой, электрической энергии и ведения других видов промышленной деятельности.
4. *Размещение отходов* добычи, переработки и использования природного сырья, а также продуктов промышленности и с/х.

5. Сжигание, с целью получения электроэнергии, бытовых отходов, содержащих неутилизируемые компоненты, в первую очередь пластиковую упаковку и тару.

6. Воздействие искусственных факторов - электромагнитных излучений и полей, шума, вибрации, ионизирующих излучений, фунгицидов и гербицидов, минеральных удобрений.

Таким образом, чтобы создать готовую продукцию и получить энергию, человек находит и добывает природные ресурсы, привозит их к месту переработки, производит из них предметы, которые использует в виде средств производства или в виде готовых изделий, то есть человек вовлекает природные ресурсы в [ресурсный цикл](#) [4]. Под ресурсным циклом принято понимать совокупность превращений и пространственных перемещений определенного вещества (или группы веществ) на всех этапах использования человеком (рис. 1.11).

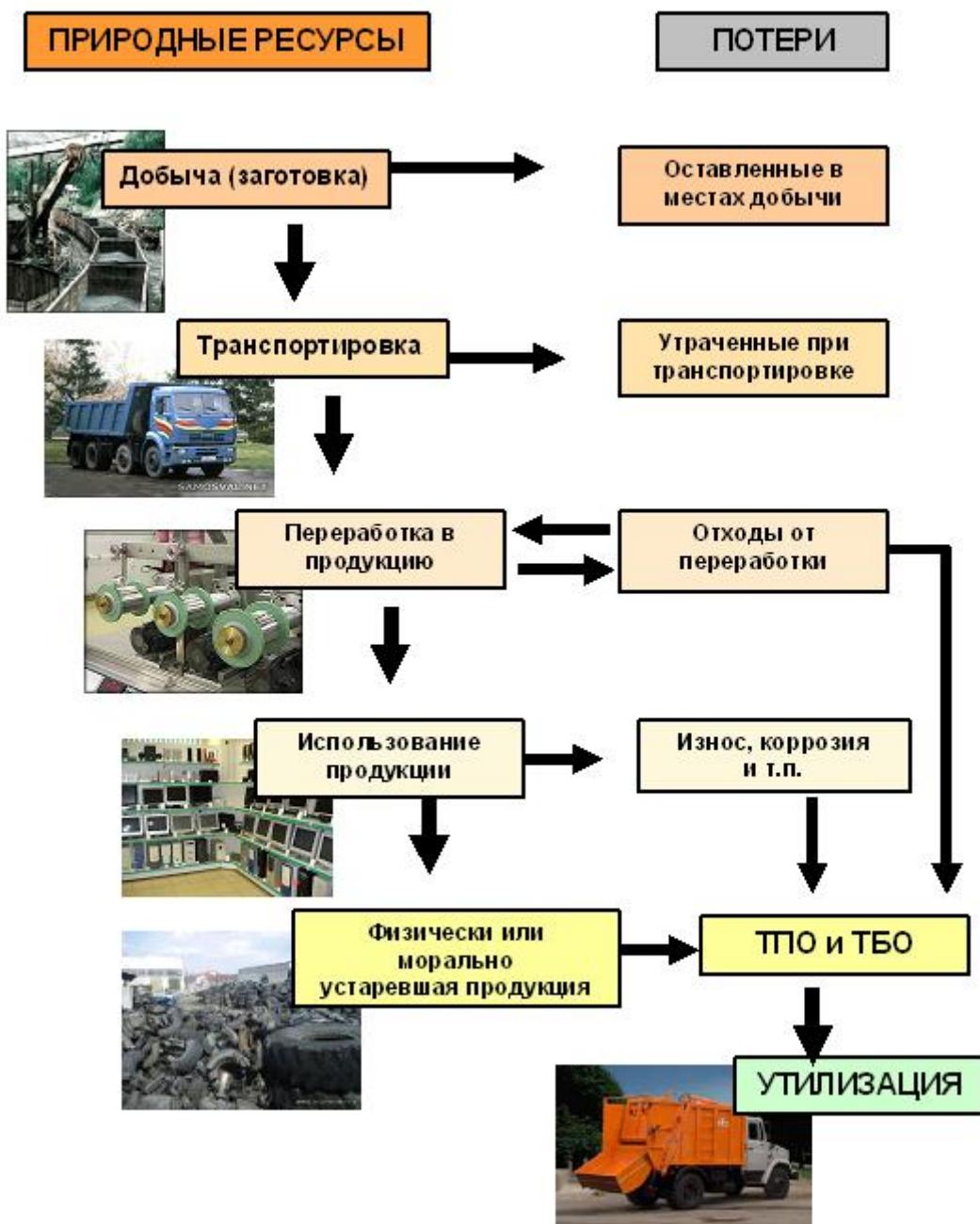


Рис. 1.11. Схема ресурсного цикла

Слово «цикль» предполагает замкнутость процесса. Но в большинстве антропогенных круговоротов ресурсный цикл фактически не замкнут в отличие от природного. На каждом этапе ресурсного цикла неизбежны потери природного ресурса либо вследствие особенностей технологии, либо по объективным причинам. Более 90% сырья поступает в природную среду в виде различных отходов.

Последствия техногенного, агрохимического и других видов антропогенного пресса на природную среду чаще всего проявляется в форме [нарушения равновесия природных экосистем](#), их загрязнения, обеднения видового и популяционного разнообразия, снижения их способности к самовосстановлению и эффективности функционирования в процессе поддержания качества пресных и морских вод, воздуха и почв.

1.4 Оценка устойчивости природно-антропогенных экосистем

Техногенное, агрохимическое и другие виды антропогенного воздействия на природную среду приводят к ее загрязнению, обеднению видового и популяционного разнообразия, снижению способности к самовосстановлению и эффективности функционирования в процессе поддержания качества вод, воздуха и почв. Чаще всего эти последствия проявляются в форме нарушения равновесия природных экосистем, а, следовательно, нарушения их устойчивости.

Устойчивость экосистемы можно определить, как способность сохранять свое качество в условиях изменяющейся среды и внутренних трансформаций (случайных или преднамеренных) [5]. Поскольку человек является основным фактором нарушения природной системы, то важно знать, как система отреагирует на воздействие, и как она будет реагировать в будущем. Устойчивость выступает как мера чувствительности к нарушению. С другой стороны устойчивость – свойство системы стабилизироваться. Устойчивость (или неустойчивость) является одной из ключевых черт саморегулирующейся системы. Мерой устойчивости является быстрота возвращения в исходное состояние после нарушения, то есть упругость, и способность системы избегать изменений, то есть ее сопротивление.

Объективный характер неустойчивости природно-антропогенных систем определяется следующими главными причинами:

- эволюционным характером развития любой системы;
- цикличностью жизнедеятельности социально-экологических систем;
- ограниченностью ресурсов (природных, материальных, трудовых, финансовых и т.д.);
- заведомо отрицательным воздействием производственно-технической деятельности человеческого сообщества на окружающую среду;
- самой природой рынка, в основе которого лежит конкуренция и риск.

Для оценки устойчивости экосистем и для комплексного их изучения используется несколько методологических подходов: термодинамический подход, математический метод моделей и альтернативный им подход, связанный непосредственно с измерением параметров экосистемы.

При использовании любого из этих методов, необходимо учитывать особенности строения и функционирования реальных природно-антропогенных экосистем [6]:

1. Система и ее элементы открыты для внешних воздействий (т.е. система является открытой и характеризуется положительной энтропией);
2. Экосистема – динамически развивающаяся структура;
3. Структура системы самоподчинена и реакция на внешние воздействия происходит на разных уровнях организации;
4. Система реагирует на воздействие по принципу обратной связи (саморегуляция);
5. Все элементы системы взаимосвязаны и взаимозависимы;
6. Элементы системы (популяции) постоянно возобновляются и развиваются.

1.5 Компоненты природно-антропогенных экосистем

Традиционно оценка качества и контроль состояния окружающей среды проводятся по ее компонентам: воздуху, почвам, геологической среде, водам и биоте. Такой подход является исторически и практически оправданным для природных экосистем, поскольку позволяет достаточно точно учитывать количественные и качественные изменения, происходящие в компонентах ОС в результате естественных природных процессов. Однако при формировании природно-антропогенных экосистем происходит наложение слоев последствий деятельности человека, как если бы на географическую карту накладывали прозрачные кальки с нанесенными на них источниками и последствиями воздействий. Но и такая модель не является достаточно объективной, поскольку в антропогенных системах начинают действовать новые взаимосвязи, не характерные для природных экосистем. И в первую очередь это происходит потому, что появляется новый компонент – человек, активно воздействующий на все остальные компоненты ОС. При этом человек с его интересами, потребностями и стремлением переделать мир под себя является объективной реальностью, которую невозможно устраниć или которой можно пренебречь. Таким образом, при диагностике природно-антропогенных систем целесообразно использовать не просто покомпонентный контроль и анализ, но зонировать диагностируемую территорию по уровням антропогенного воздействия и плотности населения с выработкой соответствующих экологических и санитарно-гигиенических нормативов. Такое зонирование включает:

- урбанизированные территории (офисные площади, торгово-развлекательные площади, селитебные с многоэтажной застройкой, селитебные с малоэтажной застройкой, индивидуальное жилищное строительство);
- зоны постоянной повышенной техногенной нагрузки (промышленные зоны, транспортные коридоры);
- природные объекты и территории (рекреационные зоны, ООПТ разного уровня);

Подробно данная систематика будет проанализирована в гл.7 пособия. На практике такой подход используется уже сегодня риэлторскими компаниями при определении рыночной стоимости земли и жилья.

1.6 Социоприродные экосистемы

Наряду с существовавшими всегда природными системами человек создал свои социоприродные или урбосистемы в виде городов и иных населенных пунктов, с повышенной концентрацией на ограниченных территориях масс вещества, источников энергии. Основная часть жизнедеятельности человека проходит в условиях таких систем.

[Урбанизация](#) представляет собой основную тенденцию развития современных цивилизаций. Всего 100 лет назад в городах мира проживало менее 2% населения, к началу нынешнего века в городах жил каждый десятый житель планеты, к 70-м годам – каждый третий, сегодня более половины жителей Земли – горожане. Удельный вес городского населения составляет: в России и США – 74%, в Англии и Японии – 76%, в Испании – 91%, ФРГ – 94%. Темпы урбанизация в развивающихся странах гораздо выше темпов индустриализации.

Город - сложная система, в которой человек взаимодействует с природной и антропогенной системами. Природная система включает в себя еще ряд подсистем «вертикальной» структуры: либо-, гидро-, и биосистемы. Антропогенная система делится на подсистемы в основном по «горизонтальному» принципу: на производственную, инфраструктурную и градостроительную. Если первая (природная) характеризуется непрерывностью своих подсистем, то вторая (антропогенная) прерывна. Вследствие этой «прерывности» условия жизни людей в пределах города различны и во многом зависят от искусственных экологических микросистем: жилых зданий и сооружений, промышленной и коммунально-складской застройки, транспортных и инженерных сетей, рекреационных объектов и т.д. Антропогенная система, в результате своего функционирования и развития, оказывает увеличивающееся отрицательное воздействие на экологическую ситуацию внутри микросистем. Чем крупнее город, тем больший объем природных

ресурсов он потребляет и тем больше не занятых им территорий необходимо вовлекать в процесс функционирования городской системы.

Экологические проблемы городов связаны в основном с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия. В городах меняются все компоненты окружающей среды: геологическое строение и рельеф, поверхностные и подземные воды, климат, почвенный покров, животный и растительный мир. Круговорот вещества и энергии в городах значительно превосходит таковой в сельской местности. Средняя плотность естественного потока энергии Земли – 180 Вт/м², доля антропогенной энергии в нем – 0.1 Вт/м². В городах она возрастает до 30-40 и даже до 150 Вт/м².

Над крупными городами атмосфера содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов. При этом 60-70% газового загрязнения дает автомобильный транспорт. Более активная конденсация влаги приводит к увеличению осадков на 5-10%. Самоочищению атмосферы препятствует снижение на 10-20% солнечной радиации и скорости ветра. При малой подвижности воздуха тепловые аномалии над городом охватывают слои атмосферы в 250-400 м, а контрасты температуры могут достигать 5-6°C. С ними связаны температурные инверсии, приводящие к повышенному загрязнению, туманам и смогу.

Города потребляют в десять и более раз больше воды в расчете на одного человека, чем сельские районы. Объемы сточных вод достигают 1м² в сутки на одного человека. Поэтому практически все крупные города испытывают дефицит водных ресурсов и многие из них получают воду из удаленных источников. Водоносные горизонты под городами сильно истощены в результате непрерывных откачек скважинами и колодцами и, кроме того, загрязнены на значительную глубину. Коренному преобразованию подвергается и почвенный покров городских территорий. На больших площадях, под магистралями и кварталами, он физически уничтожается, а в зонах рекреаций – парки, скверы, дворы – сильно вытаптывается, загрязняется бытовыми отходами, вредными веществами из атмосферы, обогащается тяжелыми металлами, обнаженность почв способствует водной и ветровой эрозии.

Растительный покров городов обычно практически полностью представлен "культурными насаждениями" – парками, скверами, газонами, цветниками, аллеями. Урбанизированная среда и природа – противостоящие, но не исключающие друг друга понятия, поскольку у них есть одно очень важное общее свойство, вытекающее из социальной сущности человека – большой город и природа необходимы человеку, по существу, в равной мере. Между урбанизацией и природой существуют сложные диалектические связи. С одной стороны, процесс концентрации населения в весьма небольшом (по сравнению с сельской местностью) числе крупных поселений, безусловно, увеличивает силу антропогенного воздействия на природу и опасность ее разрушения в очагах урбанизации. С другой стороны – в самой концентрации производства и населения заложены мощные экономические рычаги, позволяющие осуществить комплекс инженерных, технологических и гигиенических мероприятий по охране воды, воздуха, почвенно-растительного покрова в наиболее уязвимых для биосфера урбанизированных зонах.

1.7 Агроэкосистемы

Впервые понятие [агроэкосистемы](#) было введено Артуром Тенсли в 1935 году. Агросистема – это система, объединяющая участок территории (географический ландшафт), занятый хозяйством, производящим сельскохозяйственную продукцию, созданный с целью получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемый человеком биогеоценоз (поле, пастбище, огород, сад, защитное лесное насаждение и т. д.). В ее состав входят: почвы с их населением (животные, водоросли, грбы, бактерии); поля-агроценозы, скот, фрагменты естественных и полуестественных экосистем (леса, естественные кормовые угодья, болота, водоемы); человек. Агроэкосистемы весьма разнообразны и могут различаться по специализации (растениеводческие, животноводческие, комплексные) и по величине вложения антропогенной энергии (экстенсивные, интенсивные, компромиссные).

Если в естественных системах особенности функционирования зависят от сочетания природно-климатических факторов и характера многолетнего развития биоты, то есть фито- и зооценоза, то в агроэкосистемах развитие фито- и зооценоза во многом зависит от деятельности человека. Целенаправленные воздействия на природные комплексы, выполняемые согласно имеющимся природно-климатическим условиям, в конечном итоге определяют вид и продуктивность агроэкосистем.

Как экосистема, агроэкосистема выполняет функции по преобразованию энергии, транспорту минеральных элементов и сопутствующих им процессов развития и формированию биоты ландшафтного комплекса. В отличие от естественных экосистем в агроэкосистеме урожай снимает человек, и большая масса вещества не возвращается в оборот, а вывозится за пределы системы. Тем самым возникают проблемы изменения имеющегося баланса между условиями среды и количеством транспортируемого вещества. Особенно этот баланс нарушается не только за счет выноса, но и за счет вноса (выбрасывания) разнообразных отходов в ландшафтный комплекс.

При оценке экономического значения агроэкосистем немаловажное значение имеет её географическое положение. Практически одинаковые по продуктивности и хозяйственной эффективности агроэкосистемы в разных географических точках имеют различное экономическое значение. Сказывается их удаленность от рынков сбыта продукции, наличие развитой инфраструктуры управления и т. д.

Любая агроэкосистема расположена в определенном рельефе. Она занимает конкретный участок территории, который имеет взаимосвязи с окружающими его естественными экосистемами. Создание и функционирование агроэкосистемы, безусловно, сказывается на особенностях функционирования всего природного комплекса. Во-первых, при создании полевого севооборота за счет распашки увеличивается смыв почвенных частиц в естественные водоемы, повышается мутность воды, изменяется структура дна за счет накопления ила. Во-вторых, в водоемы и прилегающие экосистемы начинают сноситься применяемые на полях элементы минерального питания, органические вещества и средства защиты растений. Происходит загрязнение территорий.

Длительное функционирование агроэкосистемы в ландшафте приводит к установлению своеобразного экологического баланса. Видовое разнообразие в таких природных комплексах зависит от многих факторов, немаловажное значение имеют применяемые технологии природопользования. Нарушение экологического баланса в природных комплексах наблюдается в том случае, если уровень распашки превышает 70-75 %, и когда при возделывании полевых культур широко применяются минеральные удобрения, химические средства защиты растений. Особенно нежелательно их применение в зоне активного водосбора. При анализе экологического значения агроэкосистемы следует иметь в виду, что резкое изменение характера природопользования на больших территориях, прекращение хозяйственной деятельности на лугах, на оstepненных склонах оврагов и т.д. может иметь такое же катастрофическое действие на многие виды растений и животных, как и полная распашка территории или её застройка.

Экологическая оценка состояния агроэкосистем сегодня проводится в основном в отношении загрязняющих веществ в почве (рис. 1.12), поскольку от состояния экосистемы зависит количество, а главное качество продуктов питания.

Почва — поверхностный слой земной коры, возникающий в результате воздействия биосфера и атмосферы на литосферу [7].

В. В. Докучаев показал, что почва есть самостоятельное природное тело, обладающее специфическими свойствами и развивающееся во взаимодействии с факторами почвообразования. Природными факторами почвообразования являются климат, материнские горные породы, растительность, микроорганизмы, животный мир, рельеф.

Почва состоит из твёрдой, жидкой (почвенный раствор) и газообразной (почвенный воздух) частей. Твёрдая часть почвы состоит из первичных (кварц, полевые шпаты, слюды) пород, образовавшихся в результате выветривания и вторичных (монтмориллонит, каолинит и др.) минералов. Состав почвы в значительной мере определяется типом климата (количеством осадков, температурой, инсоляцией, режимом выветривания и т.д.). Например, в почвах засушливых областей содержатся значительные

количества карбоната кальция и других более легко растворимых солей, почвы тропических областей обогащены окислами железа и алюминия.

Характерной составной частью почвы является гумус, который образуется в результате гниения органических (преимущественно растительных) остатков. Клеящая способность гумуса представляет собой один из важнейших факторов образования структуры почвы, определяющий её главные физические свойства — водный и воздушный режим. Гумус содержит значительные количества азота, который постепенно переходит в формы, доступные для растений.

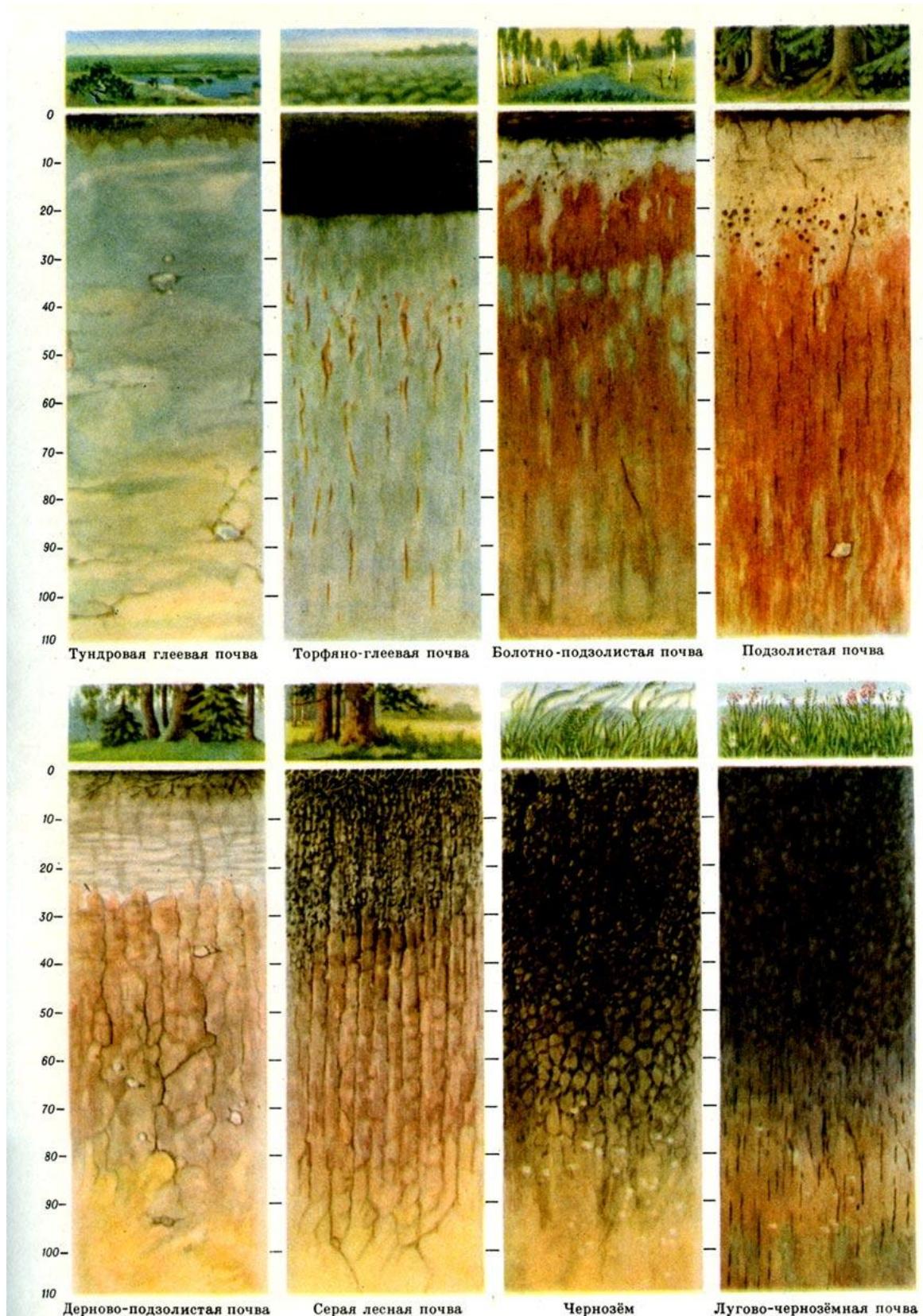


Рис. 1.12. Типы почв и их строение [7]

Основными физическими свойствами почвы являются **удельный вес** (удельный вес составляющих её частиц), **объёмный вес** (вес одного см³ почвы, имеющей естественное сложение), **порозность** (суммарный объём её пор, выраженный в % от общего объёма), **влагоёмкость** и **водопроницаемость**.

Возможность загрязнения почв связана:

- с применением в земледелии средств химизации;
- техногенным (преимущественно аэротехногенным) воздействием.

В связи с традиционной территориальной удаленностью пахотных земель от локальных техногенных источников загрязнения, уровень их загрязнения, как правило, невысок и сравним с общим фоновым уровнем. Однако, в условиях перманентного аэротехногенного загрязнения наблюдается повышение затрат вещества и энергии на адаптивные перестройки в отдельных компонентах и в целом в агроэкосистеме, что сказывается на структуре и функциях. Обменные процессы перестраиваются таким образом, чтобы поддержать экологическое равновесие за счет более интенсивного расходования внутренних и внешних ресурсов.

В почве отклик на загрязнение формируется благодаря взаимосвязанным реакциям, способствующим изменениям в биогеохимических циклах. Устойчивость агроэкосистемы в целом также зависит от типа почв, их свойств и структуры, буферной емкости по отношению к загрязнению. Буферность почвы - это свойство почвы препятствовать изменению её реакции (рН) под действием кислот и щелочей [8].

Как уже говорилось ранее, агроэкосистемы создаются человеком искусственно с целью обеспечения собственных источников питания, то есть источников растительной и белковой пищи. Вся практическая деятельность человека испокон века была направлена на повышение продуктивности земель и интенсификацию ведения хозяйства. Но если сначала использовались естественные способы повышения урожайности, такие как рыхление, использование органических удобрений и естественное восстановление земли «под паром», то с развитием химической науки появилось искушение насильственно повысить плодородие земель. К средствам химизации традиционно относятся минеральные удобрения и пестициды, искусственно вносимые в почву и биоту агроэкосистем для повышения плодородия. В минеральных удобрениях токсичные вещества присутствуют в виде примесей. Наиболее загрязнены фосфорные удобрения, поскольку апатитовые месторождения, поставляющие основную часть фосфорного сырья, имеют повышенное содержание фтора, стронция, а иногда кадмия. Большим разнообразием отличается содержание тяжелых металлов в составе традиционных органических удобрений (навоз, торф) и нетрадиционных (сапропель, компост, полученный из пищевых отходов, остатки сточных вод). Отдельную проблему представляют пестициды, отличающиеся огромным разнообразием и выделенные в отдельный список приоритетных химических загрязнителей. К ним относятся: альдрин, хлордан, ДДТ, дильдрин, эндрин, гептахлор, мирекс, хлордекон, эндосульфан, токсафен, гексахлорциклогексан, линдан, гептахлорэпоксид, атразин. Перечисленные вещества имеют высокую токсичность, персистентность (устойчивость к внешним воздействиям), способность к биоаккумуляции и биоконцентрированию [9]. Несмотря на то, что использование многих пестицидов давно запрещено (порядка 10-15 лет), их содержание в природных средах и биоте остается высоким и опасным для человека.

1.8 Становление, подходы и развитие научных основ экологической диагностики

Разновекторная активность человека преобразует первозданную среду обитания всех живых существ на Земле. В результате и сам человек, и окружающая его природа находятся под постоянным и все усиливающимся прессингом растущей человеческой популяции. Отсюда вытекает необходимость

непрерывного тщательного контроля качества окружающей среды, прежде всего, с точки зрения ее воздействия на состояние как биоценозов в целом, так и отдельных особей, включая и человека. При всем разнообразии подходов к оценке качества среды обитания для всего многообразия живых существ, ее населяющих, неизбежно оказывается, что комфортность существования человека и его здоровье оказываются, в конечном счете, главной причиной этих забот.

Диагностический контроль, подразумевающий использование физико-химической, химической и физической техники контроля за качеством компонентов окружающей среды, получил первоочередное развитие в разнообразных способах слежения (мониторинга). Как результат технологических успехов в аналитическом приборостроении, были достигнуты значительные успехи в создании чувствительных, селективных и точных инструментов, способных обнаруживать экотоксикант в концентрации намного ниже эмпирически найденной нормы, известной как ПДК.

Казалось бы, физико-химических и химических методов вполне достаточно, чтобы держать под контролем ситуацию. Однако человек и создаваемая им новейшая цивилизация неразделимы. Род человеческий своей технологической активностью настолько изменил лик планеты Земля, что можно уже говорить о заре новой геологической эпохи [антропоцене](#). Это утверждение может послужить в качестве отправной точки для дальнейших построений, и, что особенно важно, позволяет приоткрыть некоторые черты взаимовлияния между человеком и создаваемыми им технологиями.

Далеко не всегда достижения новой технологии приносят только тот результат, ради которого эта технология была разработана. В настоящее время очевидно, что любой процесс неизбежно вызывает помимо желаемого результата еще и ряд не всегда даже сразу обнаружимых воздействий на окружающую среду. Поэтому список угрожающих здоровью токсикантов увеличивается с каждым годом. Между 1970 и 1993 годами, согласно данным Американского Химического Общества, число новых химических соединений возросло шестикратно, достигнув 12 миллионов. Конечно, не все они запущены в многотоннажное производство. Тем не менее, в Германии в 1985 году из 73 тыс. химических соединений, находящихся на рынке, 312 были произведены в объеме превышающем 10 тыс. т, а 2,2 тыс. химикатов были произведены в количестве 10-100 т [10]. Эти цифры достаточно красноречиво объясняют, почему несомненные успехи химической науки вызывают неостановимый рост затрат на мониторинг все возрастающего количества возможных разрушителей человеческого здоровья и среды, его окружающей.

Для любых регионов и стран определяется перечень наиболее опасных загрязняющих веществ. Среди показателей токсичности для человека – канцерогенность, мутагенность, репродуктивное здоровье и эндокринный статус человека, нервно-психическое развитие детей и др. Около 60 экотоксикантов вошли в различные списки, предусматривающие их ограничение и распространение. Можно обобщить этот список и выделить четыре основные группы наиболее опасных химических загрязнителей [10]:

- пестициды;
- промышленные вещества – полихлорированные бифенилы (ПХБ) и фенилы, фталаты, полихлорбензолы, хлорированные насыщенные углеводороды (хлорпарафины);
- побочные продукты – полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- органические соединения металлов – ртути, свинца, олова.

Однако было бы ошибочно думать, что воздействие на человека и биоценозы происходит только через химические соединения – яды. На самом деле путей вторжения в условия существования человека с окружающей средой и с другими организмами значительно больше чем предполагалось раньше. По мере того как человек узнает об этих условиях существования все больше, общая картина становится все менее простой и менее оптимистичной.

Оказалось, что жизненно важные функции могут быть нарушены не только веществами-ядами, но и химическими соединениями, которые были синтезированы именно для того, чтобы стоять на страже здоровья человека. Вот пример, достаточно убедительно иллюстрирующий реакцию природы в ответ на

усилия человека обустроить свое существование. В настоящий момент наблюдается рост числа аллергических заболеваний.

Этот рост связан с распространением [гигиены](#) в человеческой популяции. Рост числа аллергических заболеваний относится в первую очередь к жителям индустриально развитых стран, где охват гигиеническими мероприятиями является наиболее впечатляющим. Этот, казалось бы, парадоксальный результат объясняется тем, что гигиенические мероприятия (сюда относится, например, чистка зубов или применение антибиотиков и антисептиков) ведут к упрощению и замещению микрофлоры в организме той, к которой нет местной толерантности. При этом запускается механизм высвобождения эндотоксинов и последующий выброс провоспалительных интерлейкинов, что приводит, в конце концов, к формированию очага хронического воспаления [12].

Не менее впечатляющими по своим негативным последствиям является глобальное [изменение природных ландшафтов](#) и соответствующих им биоценозов, происходящее без должного анализа последствий деятельности человека. Следует отметить, что и в последнем случае так называемых глобальных воздействий, аллергические осложнения также занимают заметное место.

Подводя итог, отметим, что численно растущая человеческая популяция, вкупе с ее активной преобразующей деятельностью, является по существу вторжением в стихийно сложившиеся в результате эволюции взаимоотношения потоков энерго- и массобмена на земном шаре, а также потоков генетической информации. Как можно видеть, эти изменения происходят на всех уровнях, начиная от микромира до глобальных изменений, происходящих пока еще в пределах Земного шара. Замена дикой природы на окультуренную среду, которая, казалось бы, должна способствовать благоденствию человека, носит на самом деле двойственный характер. Наряду с несомненным облегчением существования человеческого общества в связи с развитием науки, культуры обработки земли и навыков в использовании все более широкого набора механизмов, облегчающих человеческий труд, начинают проявляться и негативные последствия такого прогресса. В целом происходящие изменения могут восприниматься как своеобразная плата за достижения цивилизации. Однако эта плата все возрастает. Для некоторых районов на Земле все чаще хочется слово плата заменить словом расплата. Такое положение вещей приводит к необходимости создать механизм, отслеживающий новые риски, и способный прогнозировать, к каким последствиям они могут привести. Все это вместе взятое привело к появлению принципиально новых методов экологической диагностики и контроля состояния окружающей среды – биоиндикации и биотестирования.

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 1

1. Перечислите цели и задачи экологической диагностики.
2. Чем определяется эффективность экологической диагностики?
3. Почему исследование атмосферного воздуха является определяющим в экологической диагностике?
4. Какие физические поля определяют структуру земной атмосферы?
5. Перечислите малые газовые составляющие атмосферы.
6. Чем определяется текстура почвы?
7. Перечислите основные физические свойства почвы.
8. Какое влияние на состояние атмосферы оказывает Мировой океан?
9. Перечислите основные задачи охраны и сохранения водных ресурсов.
10. На какой энергии основано существование природных экосистем?
11. Чем обеспечивается устойчивость биоценоза в природных экосистемах?
12. В чем заключается основная особенность функционирования антропогенных систем и их коренное отличие от природных экосистем?
13. В чем заключается эволюция экологического мировоззрения?

14. Приведите примеры антропогенного воздействия на окружающую среду.
15. На что направлена техногенная деятельность и на какие основные направления ее можно подразделить?
16. Что понимается под ресурсным циклом вещества?
17. В какой форме проявляются последствия техногенного воздействия человека на окружающую среду?
18. Как можно определить устойчивость экосистемы? Что является мерой устойчивости экосистемы?
19. Перечислите главные причины неустойчивости природно-антропогенных экосистем.
20. Сформулируйте, в чем заключаются особенности строения и функционирования реальных природно-антропогенных экосистем.
21. Каким образом можно зонировать диагностируемую территорию по уровням техногенного воздействия?
22. Объясните, в чем заключается «вертикальный» и «горизонтальный» принципы деления природных и антропогенных систем на подсистемы.
23. Перечислите экологические проблемы городов.
24. Что такое «агроэкосистема» и в чем заключаются ее функциональные особенности?
25. Назовите четыре основные группы химических экотоксикантов.
26. Объясните, почему традиционные методы диагностики и контроля оказываются недостаточными на современном этапе развития человечества.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.К. Анохин Философские аспекты теории функциональной системы // Избранные труды. – М.: Наука, 1978. –С. 27-48
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия. // Под общ. ред. чл. корр. РАН В.В.Клюева. -М.: МГФ «Знание», «Машиностроение», 2000 , - 495 с.
3. В.Ф. Протасов Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учебное и справочное пособие. - М.: «Финансы и статистика», 2001, - 670 с.
4. М.Д. Харламова, В.П.Зволинский, Д.А. Кривошеин Экологически чистые технологии и производства. Теория и практика. Часть 1. Уч. пособие. –М: РУДН, 2008, -107с.
5. Е.А. Пастухова Сущность и особенности устойчивого развития территории.// Ж. «Успехи современного естествознания», -М.: №5, 2007 г.
6. П.Г. Приймак К вопросу об устойчивости экосистем. // Материалы научно-технической конференции МГТУ. Секция «Биология и биотехнология», 2000
7. Краткая географическая энциклопедия, Том 3/ Гл.ред. А.А. Григорьев - М.: Советская энциклопедия - 1962, 580 с. с илл., 19 л. карт.
8. Н.И. Горбунов Буферность почв. www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/002/292.htm/
9. Сониясси Р., Сандра П., Шлет К. Анализ воды: органические микропримеси. Практическое руководство. СПб: ТЕЗА, 2000, - 250 с.
10. В.Н.Майстренко, Н.А.Клюев Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, - 323 с.
11. Экология. Охрана природы и экологическая безопасность. / Уч. пособие под ред. В.И.Данилов-Данильян, -М: МНЭПУ, 1997
12. А.П. Парахонский, Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека. // Успехи современного естествознания № 2, 2007, с. 21-28

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ

Классификация источников и видов антропогенного воздействия (газовоздушные выбросы, сточные воды, твердые промышленные и бытовые отходы). Классификация эколого-аналитического мониторинга. Особенности проведения покомпонентного мониторинга загрязнителей окружающей среды. Оценка фонового состояния компонентов окружающей среды. Выбор метода анализа и приборного обеспечения.

В основе методологии любой эмпирической науки лежат не только теоретические основы, то есть законы, с помощью которых можно изучать и описывать любое явление или событие, но и разработка классификаций, обобщающих и структурирующих объекты и методы исследования. Как уже говорилось ранее, объектами экологической диагностики являются не только непосредственные источники антропогенного воздействия, но и компоненты окружающей природной и социальной среды, а также физические, химические, биологические и социальные процессы, происходящие в различных экосистемах и приводящие к негативным последствиям. Особенностью современного мира является все более плотное наложение антропогенных функций на естественные компоненты экосистем и, как следствие, их деградация и сокращение естественных ареалов.

В данной главе будут рассмотрены возможные виды классификаций источников и видов антропогенного и техногенного воздействия, классификации методов экологической диагностики, в частности, методов экологического мониторинга и экологического контроля, а также современные подходы к определению потенциальной опасности загрязнителей для человека и окружающей природной среды.

2.1 Классификация источников и видов антропогенного воздействия

Традиционные подходы к классификации антропогенного воздействия основываются на рассмотрении природы и масштабов этого воздействия на компоненты окружающей среды, степени его опасности в первую очередь для человека, а также растительного и животного мира и возможности химического взаимодействия с естественными составляющими биосфера. Целью введения указанных классификаций является подбор методов предотвращения или ограничения попадания загрязнителей в окружающую среду и сокращение вредных воздействий.

Наиболее подробно классификации антропогенного и техногенного воздействия рассматриваются в работах, посвященных экологической безопасности [1,2,3] и организации безотходных и малоотходных производств [4, 5, 6]. Рассмотрим подробнее указанные классификации.

1. По физико-химическим параметрам и способам воздействия (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Загрязнение окружающей среды (по физико-химическим параметрам)			
Механическое	Химическое	Физическое (энергетическое)	Биологическое
Пылевые частицы в атмосфере; Твердые частицы, различные предметы в воде и почве	Газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, вступающие в реакцию с	Тепло, шум, вибрации, ультразвук, видимые инфракрасные и ультрафиолетовые части спектра, электромагнитные поля, ионизирующие излучения	Виды организмов, появившиеся при участии человека, наносящие вред ему самому и живой природе

2. По воздействию на компоненты окружающей среды (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Загрязнение окружающей среды (по воздействию на компоненты ОС)		
Выбросы в атмосферу	Твердые отходы	Сточные воды
1. Газо- и парообразные 2. Твердые 3. Жидкие 4. Смешанные	1. Металлические 2. Неметаллические 3. Смешанные	1. Условно чистые 2. Денатурированные: а) бытовые б) производственные в) атмосферные

Следует отметить, что чаще всего загрязнения, попадающие в окружающую среду, представляют собой гетерогенные системы и поэтому их можно классифицировать по *агрегатному состоянию*.

3. По *влиянию на организмы человека и животных* все виды загрязнений можно классифицировать как токсичные и нетоксичные.

Токсичность (ядовитость) - это способность некоторых химических элементов, ионов и соединений оказывать вредное воздействие на организм.

4. По *массе и концентрации* твердые загрязнения подразделяются на крупнотоннажные и малотоннажные, а сточные воды - на концентрированные и разбавленные. Хорошо известно, что практически все виды загрязнений как газовоздушные, так и загрязнения сточных вод, в результате очистки переводятся в твердое состояние и таким образом превращаются в твердые отходы.

5. По *реакционной способности* - на химически инертные и активные, и некоторые другие.

Согласно Международной конвенции «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» (1991 г.) экологически опасными являются следующие виды производств и объектов [7].

1.Атомная промышленность (установки, предназначенные для производства обогащенного ядерного топлива, регенерации отработанного ядерного топлива или сбора, удаления и переработки радиоактивных отходов).

2.Энергетика (атомные, гидравлические и тепловые электростанции, крупные установки для сжигания топлива).

3.Черная и цветная металлургия (установки для доменного и мартеновского производств, предприятия черной и цветной металлургии, машиностроительные и металлообрабатывающие предприятия).

4.Нефтехимия, нефте- и газопереработка.

5.Химическая промышленность.

6.Добыча полезных ископаемых (включая нефть и газ).

Подробный перечень наиболее опасных производств и объектов рассматривается в работе [7]. Особо следует выделить автомобильный транспорт, как основной передвижной источник загрязнения ОС в крупных городах России.

Во многих крупных городах на долю автотранспорта приходится 70 и более процентов от общего количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Являясь крупнейшим потребителем природного топлива, автотранспорт существенно влияет на увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, и, тем самым, на процесс глобального потепления климата в мировом масштабе. В то же время

автомобиль является одним из главных факторов шумового загрязнения. В состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания входят сотни вредных компонентов. Однако наиболее существенными являются:

- оксиды углерода (CO и CO₂);
- углеводороды (CH);
- оксиды азота (NO_x);
- твёрдые взвешенные частицы (ТВЧ);
- соединения свинца (Pb) и серы (SO₂);
- альдегиды;
- канцерогенные вещества (в основном ПАУ – полиароматические углеводороды).

Для примера в табл. 2.3 приведены значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, полученные в июле 2004 г. в Москве на автомобильной трассе Варшавское шоссе [8].

Таблица 2.3

Концентрация загрязняющих веществ				
Компонент	Среднее значение/ ПДКсс,	Максимальное среднесуточное значение/ ПДКсс		Минимальное значение/ ПДКсс
		Значение	Дата	
Оксид углерода	0,4	2,6	30.11.2004	0,1
Диоксид углерода	1,0	4,7	30.11.2004	0,1
Оксид азота	0,9	7,4	30.11.2004	0,1
Углеводороды	1,8	3,6	30.11.2004	1,1
Диоксид серы	0,1	0,9	24.11.2004	Менее 0,1
Формальдегид	3,4	7,8	30.11.2004	1,5

Таким образом, один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 тонн кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг окси углерода, около 40 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов.

Непосредственные источники загрязнения природной среды можно классифицировать также, в соответствии с [9], по: *происхождению* (искусственные, антропогенные и естественные); *месту поступления* (континентальные, морские и атмосферные); *временному признаку* (постоянные, эпизодические, разовые, случайные); *пространственно-временному признаку* (фиксированные и нефиксированные). Каждый вид техногенного воздействия специфически действует на объекты природной среды, в зависимости от количественного и качественного состава и вызывает в них определенные изменения, такие как функциональные и органические изменения в организме человека и животных, изменения в составе и функциях почв, деградацию и гибель растительности и т.д.

Рассмотрим более подробно специфические особенности источников техногенного загрязнения окружающей среды, а именно промышленных выбросов, сбросов и образующихся твердых промышленных отходов (ТПО), которые на сегодняшний день являются самыми масштабными и опасными загрязнителями окружающей среды.

2.1.1 Газовоздушные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта

Газовоздушные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта являются источниками поступления в атмосферу, а затем в поверхностные и грунтовые воды и в почву веществ различного химического состава в твердом, жидким или газообразном состоянии.

Твердые взвешенные частицы (ТВЧ), присутствующие в выбросах промышленных предприятий, представляют собой пыли и дымы, состоящие из частиц оксидов неметаллов (главным образом оксида кремния SiO_2), металлов и их оксидов, в том числе и тяжелых, частиц элементарного углерода и др. Состав пылей и дымов зависит от источника их происхождения. Следует отметить, что в составе газовоздушных выбросов, поступающих в атмосферу от автомобильного транспорта, присутствуют также твердые частицы резины и цинка, образующиеся при стирании автомобильных шин. Размеры частиц в дымах много меньше, чем в пыли и туманах и составляют от 0,5 мкм до субмикронных размеров, т.е. менее 0,1 мкм.

По своим размерам частицы пыли являются обычно полидисперсными, то есть имеют различные диаметры, а частицы дымов монодисперсны, однако их размеры зависят от условий сгорания (исходного вида топлива, температуры, влажности, давления, присутствия химических веществ, способных ускорять или замедлять процесс). ТВЧ опасны тем, что, обладая достаточно малыми размерами, они являются наночастицами и имеют большую активную поверхность. Таким образом, могут сорбироваться на своей поверхности другие молекулы или группы молекул, осуществляя их доставку непосредственно в легкие человека, а оттуда в кровь. Другая опасность заключается в том, что малые размеры частиц способствуют переходу элементов в водорастворимые соединения, так называемому выщелачиванию. Из-за амфотерности многих металлов выщелачивание может происходить при любом pH. Концентрация вредных компонентов в пылях и шламах (кашеобразная масса, образующаяся в отстойниках при мокрой газоочистке) в десятки и сотни раз больше, чем в шлаках, что связано с летучестью многих примесей.

Парообразные выбросы, или туманы, представляют собой пары химических веществ, образовавшиеся либо непосредственно во время производственного процесса (чаще всего это пары жидких органических веществ), либо при взаимодействии газовых выбросов (оксиды азота, оксиды серы, оксиды фосфора или оксиды щелочных металлов) с парами воды, присутствующими в атмосфере. Твердые взвешенные частицы и пары относятся к классу аэрозолей.

Газообразные выбросы наиболее многочисленны. Помимо традиционных оксидов азота, углерода и серы, присутствующих в отходящих газах практически всех видов промышленных предприятий и энергопроизводящих установок, наибольшую опасность представляют продукты неполного сгорания (ПНС), образующиеся на мусоросжигательных заводах. Список ПНС насчитывает свыше ста идентифицированных опасных веществ. Среди них углеводороды и ароматические углеводороды, их хлорированные производные, токсичные фенолы и хлорфенолы, бром- и азотзамещенные вещества и, наконец, полихлорированные дibenзодиоксины (ПХДД), -фураны (ПХДФ) и -бифенилы (ПХБ). К ПНС относят несколько условно все выбросы, которые не относятся к газам "проскока", то есть к тем летучим соединениям, которые содержались в исходной смеси, подаваемой на сжигание, но не успели сгореть. В результате эту группу попадают кислые газы [хлористоводородная кислота \(HCl\)](#), сернистый газ (SO_2) и окислы азота (NO_x). Продукты неполного сгорания включают такие нейтральные газы, как угарный газ (CO), который может образовываться в больших количествах при неправильном режиме работы сжигателя (мало воздуха, температура ниже 800°C и другие нарушения). Этот газ нейтральный и потому очень трудно улавливается. Он опасен и в очень малых концентрациях. Например, жители Череповца, жилые дома которых расположены рядом с мощными металлургическими производствами, выбрасывающими очень много CO, часто падают в обморок прямо на улице.

Отдельно следует сказать о газообразных веществах, которые попадают в воздух в ничтожных количествах, но их токсические свойства настолько велики, что даже микроконцентрации вызывают тяжелейшие последствия для человека и природной среды. К таким микрозагрязнениям или суперэкотоксикантам относятся:

- полихлорированные бифенилы (ПХБ),
- полиароматические углеводороды (ПАУ),

- полихлорированные дibenзо-*p*-диоксины (ПХДД),
- дibenзофураны (ПХДФ)

Суперэкотоксианты имеют исключительно высокую токсичность и представляют наибольшую опасность для человека. К таким веществам относят семь представителей ПХДД, десять – ПХДФ, двенадцать – ПХБ и шестнадцать – ПАУ. Если "обычные" токсианты опасны при концентрациях мг на литр, то ПАУ опасны при концентрации мкг на кубометр, а диоксины (ПХДД) при долях нанограмм в кубометре. Каждый из этих соединений имеет индекс токсичности, рассчитанный относительно 2,3,7,8-ТХДД. Для расчета уровня загрязнения объекта данными токсиантами сумма концентраций умножается на индекс токсичности.

Рассмотрим наиболее хорошо изученные классы микрозагрязнений – полиароматические углеводороды (ПАУ) и, так называемые, диоксины (ПХДД).

Полиароматические углеводороды (ПАУ) являются опасными канцерогенами. Выбросы этих соединений на мусоросжигательных заводах (МСЗ) не достигают уровня самого грязного сжигателя – дизелей, но довольно близки к ним. Если учесть, что дизели (тяжелые грузовики) двигаются, а МСЗ стоят на месте и сжигают сотни тысяч тонн мусора, то опасность загрязнения воздуха ПАУ вблизи МСЗ становится реальной. В табл. 2.4 приведены данные, подтверждающие биологически активные свойства ПАУ. В твердых продуктах сгорания, т.е. в шлаках может содержаться до 10 г/кг ПАУ.

Диоксины. Самыми опасными из ПНС являются "диоксины": смесь полихлордibenзо-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлордibenзофуранов (ПХДФ). Это вещества являются суперэкотоксиантами и бесспорными разрушителями природы. Диоксины пропитывают все среды вокруг МСЗ (рис 2.1).

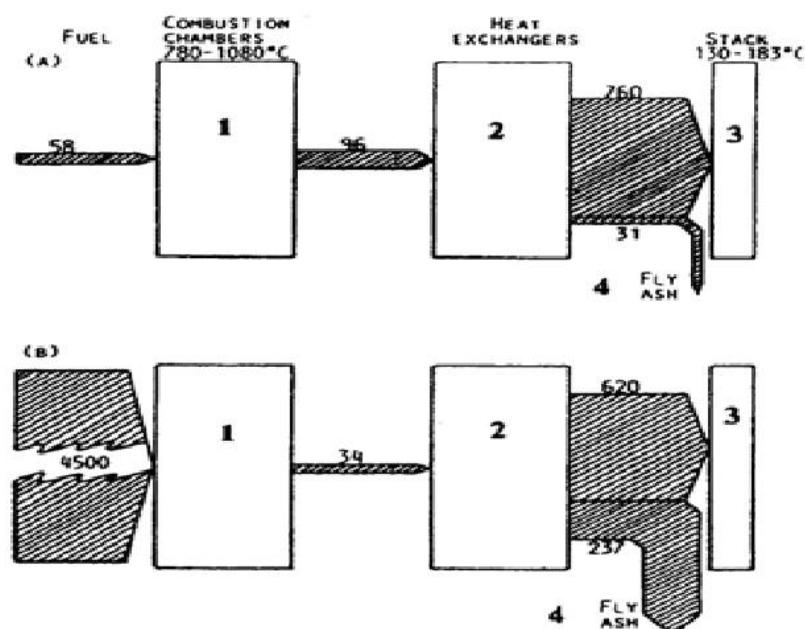


Рис. 2.1. Образование диоксинов в зонах охлаждения отходящих газов МСЗ

Источниками микрозагрязнений, помимо мусоросжигательных заводов, являются также автомобильный транспорт, некоторые предприятия химической промышленности, производственные процессы, в которых используется хлор (отбеливание бумаги) и некоторые другие.

Таблица 2.4

Соединение	Канцерогенный потенциал	Биоактивность
2-метилнафталин	0	TP
Флуорантен	0	CC

2-Метилфлуорантен	+	С, ТI
3-Метилфлуорантен	?	ТI
Пирен	0	СС
Бенз[а]антрацен	+	ТI
Хризен	+	ТI
Бенз[с]фенантрен	+++	С
3-Метилхризен	+	ТI
5-Метилхризен	+++	С, ТI
7,12-Диметилбенз[а]антрацен	++++	С, ТI
Бенз[b]флуорантен	++	С, ТI
Бенз[j]флуорантен	++	С, ТI
Бенз[а]пирен	+++	С, ТI
Дибенз[а,h]антрацен	+++	С, ТI
Индено[1,2,3-cd]пирен	+	ТI
Бенз[ghi]перилен	0	СС
Пицен	+	ТI

2.1.2 Сточные воды промышленных предприятий и коммунально-бытовые стоки

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбросом в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые делают воду данных водоемов опасной для использования [10]. В 1982 году Европейским Сообществом был утвержден список приоритетных загрязнителей вод, который называют «черным списком», в который попали 129 веществ, позднее были добавлены еще три вещества [11].

В зависимости от состава (количество и качества примесей) и уровня техногенного воздействия воду традиционно подразделяют на: *природную, сточную и денатурированную*. Однако следует отметить, что такое деление достаточно условно, поскольку с наращиванием темпов развития индустрии и ростом населения, в первую очередь городского, доля природных вод становится все меньше, фоновые концентрации загрязнителей в них постоянно растут и даже наиболее защищенные - подземные воды, меняют свой состав. Таким образом, можно считать, что вся природная вода, подвергшаяся антропогенному загрязнению, например, путем смешения со сточной водой, постепенно становится *природно-антропогенной, или денатурированной*.

Природная вода – это вода, которая качественно и количественно формируется под влиянием естественных процессов, при отсутствии антропогенного воздействия и качественные показатели которой находятся на естественном среднемноголетнем уровне. Природная вода представляет собой многофазную гетерогенную систему открытого типа, обменивающуюся веществом и энергией с другими средами и с биологическими объектами.

Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом, производственном или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшая через какую-либо загрязненную территорию, в том числе, сельхозугодия и населенные пункты. Сточные воды в свою очередь подразделяются на: бытовые (коммунальные), промышленные и атмосферные (ливневые).

Промышленные сточные воды образуются на всех без исключения промышленных и сельскохозяйственных предприятиях и различаются количественным и качественным составом, зависящим от типа производства. Следует отметить, что, несмотря на многообразие примесей, именно стоки стационарных промышленных источников легче всего контролировать, поскольку состав их

заблаговременно известен и чаще всего технически возможно осуществлять очистку и контроль локальных стоков, до их объединения в коллекторе. На сегодняшний день существует несколько классификаций примесей промышленных стоков, основанных на анализе: физико-химических свойств (растворимость, скорость протекания процессов); химических особенностей (органические и неорганические примеси); агрегатного состояния (твердые, жидкые, газообразные); токсичности и видов воздействия на организм человека. Наиболее часто используется классификация примесей по фазово-дисперсному состоянию примесей в растворе, предложенная академиком Л.А. Кульским [12] (табл. 2.5).

Таблица 2.5

№№группы	Размеры частиц	Тип системы	Фазовое состояние в растворе, устойчивость	Методы очистки	Наиболее вероятные методы контроля*
I	$R > 10^{-7}$ м	Грубодисперсные взвеси, суспензии, эмульсии	Гетерогенные кинетически неустойчивые	Механические: фильтрация, центрифугирование отстаивание	Визуальные, фотометрия
II	$R \sim 10^{-7}$ м	Тонкодисперсные коллоиды и высоко-молекулярные соединения	Гетерогенные (гидрофильные и гидрофобные) метастабильные	Физико-химические: флотация, седиментация, коагуляция	Химический анализ
III	$R < 10^{-8}$	Молекулярные растворы	Гомогенные, растворы органических соединений, кинетически устойчивые	Сорбция с применением активированных углей	Хроматография, масс-спектрометрия
IV	$R < 10^{-9}$ м	Электролиты: ионные растворы солей, кислот, щелочей, ионы металлов	Гомогенные, ионные растворы, кинетически устойчивые	Химические: реагентные Физико-химические: мембранные, ионный обмен, диализ	Рентгено-структурный, рентгено-флуоресцентный

Примечание: * Выбор метода контроля определяется чувствительностью приборов и концентрацией вещества в стоках после очистки.

Наиболее трудоемким является процесс контроля поступления загрязняющих веществ в водоемы от нестационарных и неточечных источников с атмосферными водами. К таким источникам относятся смыки удобрений и пестицидов с полей, смыки с автомагистралей и автотранспорта, с несанкционированных свалок бытового мусора. До сих пор нет универсальной методики, позволяющей рассчитать в таких случаях вынос загрязняющих компонентов. Например, для оценки загрязнения водных объектов пестицидами предложено [13] использовать зависимости концентраций в поверхностных стоках от их содержания в почве, при этом необходимо учитывать дозу внесения пестицида, площадь полей, количество осадков, а также физические параметры и однородность почвы.

В случае точечных стационарных источников (производства и склады промышленной продукции, сырья, ядохимикатов; полигоны ТПБО; автомойки, автостоянки, заправочные станции и т.д.) атмосферные стоки подлежат обязательному экологическому контролю и нормированию.

Бытовые стоки, в отличие от промышленных, имеют перманентный качественный состав, который незначительно меняется в зависимости от климатических условий, типа поселения и социального статуса жителей. Бытовые стоки содержат около 60% органических веществ, 40% минеральных веществ, а также весьма разнообразный набор различных микроорганизмов и бактерий, которые в сточной воде адсорбируются на поверхности или внутри суспензий, богатых органическими веществами. Качественный и количественный состав бытовых стоков контролируется обычно на выходе из коллектора и при поступлении на станции водоочистки. Наиболее важной является информация о составе и объемных расходах сухих остатков сточных вод, образующихся в первичных отстойниках, поскольку именно они должны подвергаться дальнейшей переработке – компостированию, сжиганию или метановому сбраживанию.

2.1.3 Твердые промышленные и бытовые отходы

В соответствии с принятой в России классификацией (ГОСТ 25916-83), твердые отходы подразделяются на *отходы производства и отходы потребления*. И те, и другие могут являться *вторичными материальными ресурсами* (ВМР) для промышленного производства.

Отходами производства являются остатки сырья (шлаки), материалов и полуфабрикатов, образовавшиеся в процессе производства продукции и утратившие исходные потребительские свойства, а также вещества, улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод (шламы).

Отходами потребления являются изделия и материалы, утратившие потребительские свойства в результате физического или морального износа. К вторичному сырью относятся вторичные материальные ресурсы, которые могут быть использованы в промышленности.

В Российской Федерации ежегодно образуется около 7 млрд. тонн отходов, при этом вторично используются только 2 млрд. тонн, т.е. около 28%. Из общего объема используемых отходов около 80% составляют вскрышные породы и отходы обогащения, используемые для закладки выработанного пространства шахт и карьеров, изготовления дорожного покрытия и строительных материалов; 2% находят применение в качестве топлива и органических удобрений и лишь 18% используется в качестве вторичного сырья.

Особую тревогу вызывает накопление в отвалах и хвостохранилищах токсичных и экологически опасных отходов, общее количество которых достигло 1,6 млрд. тонн. В России ежегодно образуется около 75 млн. тонн высокотоксичных отходов, из них перерабатывается и обезвреживается только 18%. Общая площадь организованных хранилищ для токсичных отходов составляет 11 тыс. га, при этом не учитываются неорганизованные хранилища и свалки, на которые по некоторым данным вывозится около 4 млн.т. высокотоксичных отходов.

Основными источниками твердых промышленных отходов (ТПО) являются:

- энергетика (зола и шлаки от сжигания твердого топлива);
- черная и цветная металлургия (шлаки, формовочная земля, коксовые остатки);
- угледобывающая промышленность (отвалы);
- деревообрабатывающая промышленность (опилки, стружки, остатки древесины, кора);
- химическая промышленность (химические вещества в широком ассортименте, фосфогипс и т.д.) и смежные отрасли.

Помимо твердых промышленных отходов (ТПО), в жилых массивах городов и поселков образуется огромное количество твердых бытовых отходов (ТБО). Количество бытовых отходов в расчете на одного человека увеличивается примерно на 1-4% в год и в настоящее время составляет примерно 200-700 кг/год в зависимости от уровня жизни и благоустроенности населения. Количественный и качественный состав бытовых отходов может также меняться в зависимости от климатической зоны.

В табл. 2.6 представлен ориентировочный морфологический и физико-химический состав ТБО городов России, расположенных в разных климатических зонах.

Таблица 2.6

Компоненты отходов	Расположение зоны		
	среднее	южное	северное
Морфологический состав ТБО			
Пищевые отходы	35...45	40...49	32...39
Бумага, картон	32...35	22...30	26...35
Дерево	1...2	1...2	2...5
Черный металлолом	3...4	2...3	3...4
Цветной металлолом	0,5...1,5	0,5...1,5	0,5...1,5
Текстиль	3...5	3...5	4...6
Кости	1...2	1...2	1...2
Стекло	2...3	2...3	4...6
Кожа, резина	0,5...1	1	2...3
Камни, штукатурка	0,5...1	1	1...3
Пластмасса	3...4	3...6	3...4
Прочее	1...2	3...4	1...2
Отсев (менее 15 мм)	5...7	6...8	4...6
Физико-химический состав ТБО			
Зольность на раб. массу, %	10...21		
Зольность на сух. массу, %	20...32		
Органическое вещество на сухую массу, %	68...80		
Влажность, %	35...60		
Плотность, кг/м ³	190...200		
Теплота сгорания низшая на рабочую массу, кДж/кг	5000...8000		
Агрохимические показатели, % на сухую массу			
Азот общий N	0,8...1		
Фосфор P ₂ O ₅	0,7...1,1		
Калий K ₂ O	0,5...0,7		
Кальций CaO	2,3...3,6		

Накопление ТБО в РФ в 2005 году составило более 35 млн. т. Основная масса ТБО вывозится из городов и поселков городского типа на свалки и полигоны, занимающие в стране свыше 40 тыс. га земли; кроме того, около 50 тыс. га составляет площадь закрытых (заполненных) свалок и полигонов. Дополнительно ежегодно для захоронения ТБО отчуждается около 1 тыс. га [21].

Из всего количества полигонов только около 8 % отвечают санитарным требованиям, большинство полигонов представляют значительную эпидемиологическую опасность, нарушают природный ландшафт и являются источником загрязнения почвы, подземных и грунтовых вод, атмосферного воздуха. Несмотря на опасность для окружающей среды, многие из уже заполненных и формально закрытых полигонов продолжают принимать значительные объемы ТБО.

Помимо официальных полигонов ТБО в Москве в 1997 г. было зарегистрировано 88 свалок общей площадью около 387,73 га. Это, как правило, старые стихийные свалки, которые до сих пор выделяют метан, содержат соли тяжелых металлов и радиоактивные элементы [14].

Следует также выделить проблемы, связанные с образованием твердых осадков сточных вод. Суммарное годовое количество осадков сточных вод в Москве составляет 30—35 млн. м³, или в пересчете на сухое вещество – 3,0-3,5 млн. тонн. Эти осадки разнообразны по качественному составу и свойствам и содержат значительные количества ионов тяжелых металлов, токсичных органических и минеральных соединений, нефтепродуктов. На подавляющем большинстве очистных сооружений вопросы контроля и переработки образующихся осадков не решены.

Для принятия взвешенного решения о возможностях природопользования в конкретной ситуации в определенном регионе необходимо проведение специальных масштабных исследований по каждому техногенному фактору (или группе факторов) в отношении каждого элемента экосистемы. Решение этой задачи требует большого массива исходных данных, получаемых всеми доступными методами: от визуальных наблюдений до систем экологического мониторинга различного уровня.

2.2 Классификации эколого-аналитического мониторинга

Состояние биосфера может изменяться под влиянием естественных процессов и под воздействием человеческой деятельности. Необходимость выделения антропогенных изменений на фоне естественных природных изменений обусловило возникновение организации специальных регулярных наблюдений за изменением состояния биосфера. Систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей природной среды в пространстве и времени, с определенными целями, в соответствии с заранее подготовленной программой принято называть мониторингом [16].

Термин «мониторинг» вошел в научный оборот из англоязычной литературы и происходит от английского слова monitoring – контрольное наблюдение.

Понятие «мониторинг» подразумевает постоянное контролирование чего-либо, проведение постоянного наблюдения за чем-либо. Это понятие было впервые введено Р. Менном в 1972 г. на Стокгольмской конференции ООН и с тех пор постоянно развивается и обсуждается на различных международных конгрессах.

У нас в стране одним из первых теорию мониторинга стал разрабатывать Ю.А. Израэль [19, 20], который уточнил определение мониторинга окружающей среды, сделав акцент не только на наблюдении, но и на прогнозе, введя в определение термина «мониторинг» антропогенный фактор как основную причину этих изменений. Мониторингом окружающей среды он называет систему наблюдений, оценки и прогноза антропогенных изменений состояния окружающей природной среды.

2.2.1 Объекты, основные элементы, цель и задачи экологического мониторинга

Объектами экологического мониторинга являются:

- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера;
- почва, земельные, лесные, рыбные, сельскохозяйственные и другие ресурсы и их использование;
- биота;
- природные комплексы и экосистемы.

Мониторинг включает в себя следующие основные элементы:

- наблюдение за факторами, воздействующими на окружающую природную среду, и за состоянием среды;
- оценку фактического состояния природной среды;

- прогноз состояния окружающей природной среды и оценку этого состояния.

Главными задачами мониторинга являются:

- организация широких наблюдений за изменением состояния биосферы, особенно за изменениями, обусловленными деятельностью человека;
- обнаружение источников воздействия, а также причин этих изменений;
- оценка наблюдаемых изменений, выявление антропогенных эффектов;
- прогноз и определение тенденций в изменении состояния биосферы.

Безусловно, решение всех этих вопросов выходит за рамки системы мониторинга, оно предполагает использование различных геофизических служб и результатов научных исследований, но эти вопросы должны рассматриваться в тесной связи с мониторингом, так как только при таком комплексном рассмотрении возможна научно обоснованная организация системы мониторинга.

Целями мониторинга являются:

- наблюдение за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир;
- обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, а также предупреждение и прогнозирование ее состояния.

Целью мониторинга не должна быть пассивная констатация фактов: кроме наблюдений, он должен включать эксперимент и моделирование как основу прогноза. Любая технологическая операция обеспечивает достижение определенной цели и, кроме того, оказывает влияние на всю биосферу в целом. Отсюда и возникла потребность в экологическом мониторинге, который можно определить, как систему наблюдений за изменениями состояния среды, вызванными антропогенными причинами, которая позволяет прогнозировать развитие этих изменений.

2.2.2 Классификация по наблюдениям за реакцией составляющих биосферы

При организации мониторинга состояния биосферы представляется необходимой организация мониторинга реакции биотической (биологический мониторинг) и абиотической составляющих (геофизический мониторинг) биосферы на антропогенные воздействия.

Главной задачей биологического мониторинга является определение состояния живой составляющей биосферы, отклика биоты на антропогенное воздействие, определение ее отклонения от нормального естественного состояния на различных уровнях.

К геофизическому мониторингу относится определение реакции неживой составляющей как в микро-, так и в макромасштабе, вплоть до реакции и определения состояния крупных систем – погоды, климата, тектоносферы. Сюда же относится мониторинг связанных с загрязнением факторов: солнечной радиации, мутности атмосферы, температуры и т.п.

2.2.3. Классификация по факторам и объектам воздействия

Ингредиентный мониторинг – мониторинг различных загрязнителей (к которым относятся также электромагнитные излучения, тепло, шум). Здесь в первую очередь мониторингу должны быть подвергнуты наиболее токсичные вещества, наиболее стойкие, наиболее подвижные (мобильные) вещества, имеющие опасные дочерние продукты (при распаде и превращениях) и опасные при воздействии в сочетании с другими веществами [17, 20].

Мониторинг различных сред подразделяется на мониторинг:

а) атмосферы – приземного слоя и верхней атмосферы, атмосферных осадков;

б) гидросферы – поверхностных вод (воды рек, озер и водохранилищ), вод океанов и морей, подземных вод;

в) литосферы, в том числе почвы.

Особое внимание нужно обратить на переходы из одной среды в другую, на пути переноса, распространения и миграции загрязняющих веществ.

Мониторинг содержания различных веществ в живой составляющей биосфера (биоте) также может быть отнесен к этому типу мониторинга.

Мониторинг источников загрязнения выделяется в специальную подсистему.

Среди источников воздействий и загрязнений следует выделить точечные стационарные (заводские трубы и т.п.), точечные подвижные (транспорт), площадные источники (поля с внесенными химическими веществами, города и т.п.).

Мониторинг объектов воздействия, в первую очередь живых организмов по их числу, биомассе, плотности популяции и т.д., подверженных воздействию, представляет собой не что иное, как таксацию этих организмов. При этом типе мониторинга целесообразно выделить:

а) важнейшие популяции (в первую очередь человека) с точки зрения существования экосистемы, характеризующие своим присутствием состояние благополучия той или иной экосистемы;

б) наиболее чувствительные к данному виду воздействия (либо комплексному воздействию) популяции, например, растительность к воздействию SO_2 или критические популяции по отношению к данному воздействию, например, ракоч эпимура в озере Байкал к сбросам целлюлозных предприятий;

в) популяции (виды) – индикаторы (лишайники).

К этой категории мониторинга нужно отнести и элементы неживой составляющей биосфера, в том числе конструкции, здания и т.д.

2.2.4 Классификация по масштабам воздействия

Низшим иерархическим уровнем является уровень детального мониторинга окружающей среды, реализуемого в пределах территорий и масштабов отдельных предприятий, заводов, хозяйственных комплексов, месторождений и т.д. Системы детального мониторинга окружающей среды являются важнейшим звеном в системах более высокого ранга. Их объединение в более крупную сеть (например, в пределах города, района) образует систему мониторинга локального уровня (рис.2.2).

Локальные системы, в свою очередь, объединяются еще в более крупные системы регионального мониторинга окружающей среды, охватывающие территории в пределах края, области, или в пределах нескольких областей (см. рис.2.2). Региональный мониторинг предназначен обеспечить оценку изменений территорий комплексного антропогенного освоения.

Системы регионального мониторинга окружающей среды объединяются в пределах одного государства в единую национальную (государственную) сеть мониторинга и образуют, таким образом, национальный уровень системы мониторинга. Системы национального уровня мониторинга являются необходимой предпосылкой для соблюдения законодательства в области охраны недр и экологии, систематического контроля за состоянием всех компонентов геологической среды, обеспечения эффективной и экологически безопасной инженерно-хозяйственной деятельности.

Разработка государственной концепции мониторинга должна вестись по пути создания единой национальной комплексной системы мониторинга окружающей среды, работающей по единому методическому унифицированному подходу, а не по пути простого суммирования разрозненных систем мониторинга отдельных ее компонентов – подземных вод, почв, горных пород и т.д. Концептуальная увязка

компонентных систем мониторинга должна проводиться при создании комплексной системы мониторинга до создания отдельных компонентных систем, а не наоборот.

Национальные сети мониторинга образуют межгосударственную систему мониторинга окружающей среды (МГСМОС) [15]. Это высший глобальный уровень организации системы мониторинга. На совещании в г. Найроби (Кения, 1974 г.) были определены следующие цели ГСМОС:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;
- оценка количества и распределения загрязнителей биосфера, особенно пищевых цепей;
- оценка критических проблем, возникающих в связи с сельским хозяйством;
- оценка реакции наземных экосистем на загрязнение окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и его влияние на морские экосистемы;
- создание и усовершенствование системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Система мониторинга окружающей среды имеет наиболее сложное строение как по структуре (см. рис.2.2) , так и по содержанию (рис.2.3)[19].

Структурная схема мониторинга окружающей среды, показанная на рис.2.2, отражает различные уровни организации мониторинга. Они, в свою очередь, выделяются по масштабному уровню наблюдений.

Глобальный мониторинг – это система слежения за состоянием и прогнозирование возможных изменений общемировых процессов и явлений, включая антропогенные воздействия на биосферу в целом.

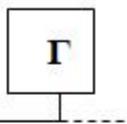
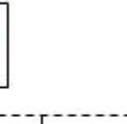
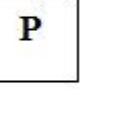
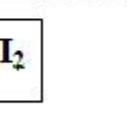
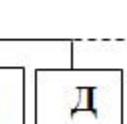
Название уровня мониторинга	Структурная схема	Примечание
Глобальный (Г)		Межгосударственная система мониторинга ОС
Национальный (Н)		Государственная система мониторинга ОС
Региональный (Р)		Краевые, областные системы мониторинга ОС
Локальный (Л)		Городские, районные системы мониторинга
Детальный (Д)		Системы мониторинга ОС предприятий, месторождений и т.д. ОС

Рис. 2.2. Структурная схема и соотношение систем мониторинга окружающей среды (ОС) разных уровней (по В.А.Королеву, 1995)

Пока создание такой системы в полном объеме является задачей будущего, так как многие государства не имеют пока собственных национальных систем.

Глобальная система мониторинга окружающей среды призвана решать общечеловеческие экологические проблемы в рамках всей Земли, такие как глобальное потепление климата, проблема сохранения озонового слоя, землетрясения, сохранения лесов, глобальное опустынивание и эрозия почв, наводнения, засухи и др.

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг (например, в России) Межнациональный, «международный» мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ)
Реакция основных составляющих биосфера	Геофизический мониторинг Биологический мониторинг Экологический мониторинг (включающий вышесказанные)
Различные среды	Мониторинг загрязнений и изменений в атмосфере, гидросфере, почве, загрязнений биоты <i>Варианты:</i> мониторинг атмосферы, океана, поверхности суши (с реками и озерами), криосферы
Факторы и источники воздействия	Ингредиентный мониторинг (например, радиоактивных продуктов, шумов и т.д.) Мониторинг источников загрязнения
Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы Мониторинг генетический
Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям Спутниковый (дистанционный) мониторинг
Системный подход	Медико-биологический мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг <i>Варианты:</i> биоэкологический, геоэкологический, биосферный мониторинг

Рис. 2.3. Классификация систем (подсистем) мониторинга по Ю.А. Израэлю [19]

Мониторинг, учитывающий изменение временных масштабов (t), дает возможность восстановить изменения, происходившие в прошлом. По некоторым признакам (годовые кольца деревьев, годовые слои в ледниках) можно восстановить имевшие место изменения в прошлом (так называемый исторический или палеомониторинг), изменения в настоящем и будущем за различные интервалы времени (интегрирование по времени в различных интервалах).

Масштабы биологического характера, соответствующие различным уровням, уже обсуждались в разделе «биологический мониторинг».

2.2.5 Классификация по методам наблюдения

Эта классификация носит вспомогательный характер и указывает скорее на имеющиеся возможности для наблюдения, а не на смысловой характер мониторинга. Можно различать измерения по химическим, физическим и биологическим показателям. В последнем случае – для водных объектов по гидрогеологическим показателям. Измерения по химическим показателям называют иногда химическим мониторингом.

2.2.6 Классификация систем мониторинга

Общая классификация систем мониторинга приведена на рис. 2.4 [17]

2.2.7 Классификация по другим признакам

При осуществлении мониторинга могут иметь место специальные интересы, выходящие за пределы описанных выше. Особое место занимает фоновый мониторинг, цель которого состоит в получении эталона состояния окружающей среды и ее изменения в условиях возможно минимального антропогенного воздействия. Данные фонового мониторинга необходимы для анализа результатов всех видов мониторинга. Сам фоновый мониторинг проводится, как правило, в рамках глобального или национального, но может быть также организован в рамках локального мониторинга перед разработкой проекта или строительством крупного промышленного энергетического или иного объекта.

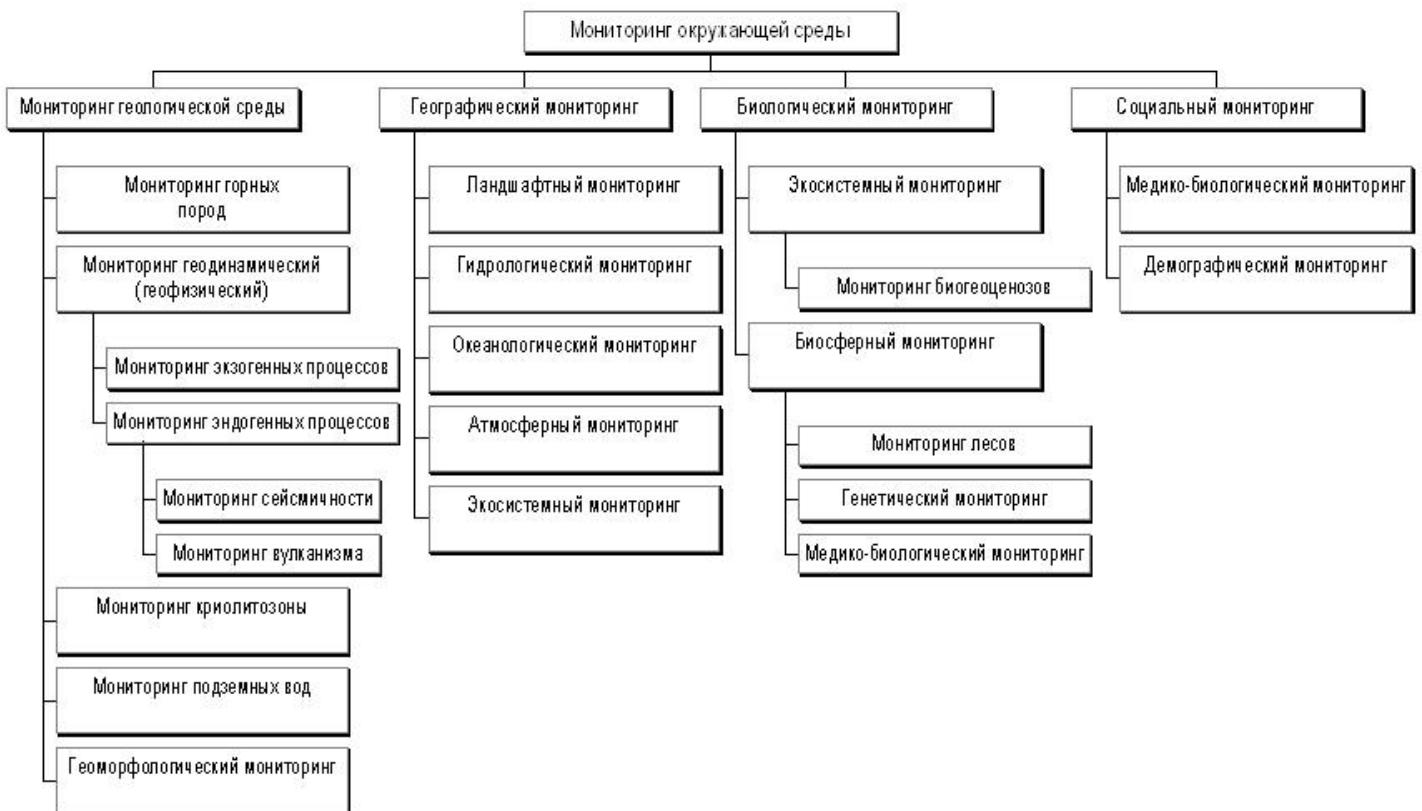


Рис. 2.4. Схема соотношения некоторых видов мониторинга [17] (с добавлениями авторов)

2.3 Особенности проведения мониторинга депонирующих и транзитных сред

Загрязнение окружающей среды различными видами экотоксикантов, и в первую очередь, химическими соединениями искусственного происхождения, обусловлено их миграцией между природными средами. Антропогенному воздействию подвергаются все элементы биосфера, независимо от источника происхождения (рис. 2.5). На сегодняшний день экспериментально доказано, что подавляющее большинство приоритетных загрязнителей поступает в организм человека по трофическим цепям с пищевыми продуктами.

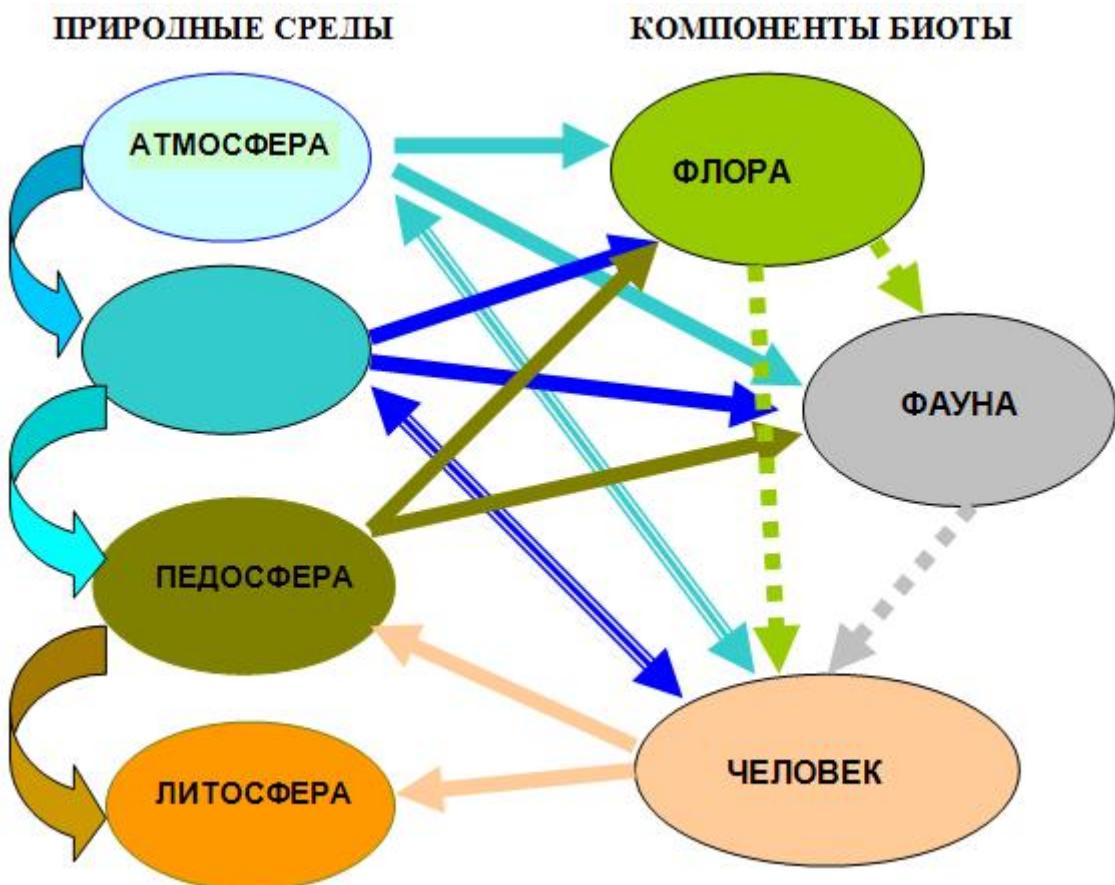


Рис. 2.5. Схема миграции и кумуляции экотоксикантов

Комплексная экологическая оценка, то есть диагностика, состояния атмосферного воздуха в населенных пунктах, а особенно в крупных городах и мегаполисах, позволяет выявить основные источники загрязнения, их влияние на здоровье человека и состояние окружающей среды в зависимости от местоположения региона с учетом климатических особенностей, дает возможность прогнозировать динамику уровня загрязнения воздуха, а также разработать рекомендации по снижению уровня загрязнения.

Уменьшение концентрации поллютентов в атмосферном воздухе может происходить не только в результате разбавления выбросов воздухом, но также вследствие постепенного самоочищения атмосферы. В основе этого явления лежат следующие физико-химические и химические процессы [18]:

- 1) седиментация, т.е. выпадение выбросов с низкой реакционной способностью (аэрозолей, твердых частиц) под действием силы тяжести;
- 2) нейтрализация и связывание газообразных выбросов в атмосфере в результате химических реакций под воздействием солнечной радиации (такие газообразные соединения, как оксиды серы, азота, углерода, взаимодействуют с некоторыми химическими элементами и соединениями, которые содержатся в атмосферном воздухе);
- 3) поглощение поверхностными водами до 50 % техногенных выбросов диоксида углерода, а также других газообразных загрязняющих веществ;
- 4) вымывание газообразных и взвешенных веществ под действием атмосферных осадков.

Интенсивные атмосферные осадки очищают атмосферу от аэрозолей на непродолжительное время. Следует отметить, что при слабых осадках очищение атмосферы наблюдается не всегда. Особенно интенсивно очищение атмосферы наблюдается при выпадении снега в зимнее время.

Часть процессов, приводящих к очищению атмосферного воздуха, происходит в почве под действием аэробных и анаэробных микроорганизмов при разложении органических остатков. Например, бактерии, содержащиеся в клубнях некоторых сортов растений, поглощают азот в связанном виде и

возвращают его в свободном виде в атмосферу. Наиболее интенсивно процессы самоочищения проходят на поверхности зеленых насаждений. Поступающие в атмосферу загрязняющие вещества разной степени дисперсности при взаимодействии с компонентами биосферы и между собой образуют новые вещества, имеющие свои собственные скорости оседания. На степень дисперсности и скорость оседания поллютантов влияют различные исходные параметры окружающей среды: климатические условия (скорость и направление ветра, температура, влажность, давление воздуха), особенности ландшафтов, время суток, характеристики подстилающих поверхностей и другие факторы. Следует отметить, что интенсивность процессов самоочищения атмосферы существенно ниже интенсивности техногенного загрязнения.

При проведении диагностики состояния атмосферного воздуха используют следующие экологогигиенические показатели степени опасности загрязнения:

- Количество и качественный состав выбросов промышленных предприятий и автотранспорта ("массовая" нагрузка экотоксикантами);
- Уровни загрязнения атмосферного воздуха вредными химическими веществами, контролируемыми Госкомгидрометом, центрами госсанэпиднадзора и другими службами, представляют собой кратности превышения ПДК приоритетных по опасности веществ;
- Показатель суммарного загрязнения атмосферного воздуха - критерий "Р" [11], представляющий собой величину валового выброса приоритетных загрязнителей, поступающих от стационарных и передвижных источников;
- Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) [3]:

$$КИЗА = \sum_{i=1}^n I_i$$

где I_i - индекс загрязнения атмосферы отдельной i -той примесью, n - количество приоритетных примесей. В свою очередь I_i рассчитывается как:

$$I_i = (q_{ср.г} / ПДК_{сс})^{a_i}$$

где a_i - константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 соответственно для примесей 1-4 классов опасности и приводящая степень вредности i -вещества к степени вредности диоксида серы; ПДК_{сс} - среднесуточная предельно допустимая концентрация i -той примеси; $q_{ср.г}$ - среднегодовая концентрация i -той примеси

Относительная концентрация экотоксиканта в атмосферном воздухе. Данная величина оценивает превышение фоновой концентрации токсичного компонента в исследуемом регионе.

Чаще всего в условиях повышенной антропогенной нагрузки могут измеряться концентрации около двадцати загрязняющих веществ: основных (взвешенные вещества, диоксид серы, оксида углерод, диоксид азота), и специфических (формальдегид, фтористые соединения, бенз(а)пирен, металлы, ртуть). Из анализа данных наблюдений за загрязнением атмосферы известно, что в атмосфере городов России имеется 4-5 веществ, которые определяют основной вклад в создание высокого уровня загрязнения. Величины ИЗА обычно определяются Госкомгидрометом по среднегодовым концентрациям, характерным для загрязнения данного промышленного населенного пункта.

Перечень приоритетных по опасности вредных химических веществ для каждой территории определяется по согласованию с федеральными и региональными органами госсанэпиднадзора на основании проработки данных о присутствии в объектах среды обитания, в выбросах в атмосферный воздух и в сбросах сточных вод промышленными предприятиями веществ I-II класса опасности, обладающих супертоксичностью или специфическими эффектами воздействия (мутагенными, канцерогенными, тератогенными и др.) [11].

Величина комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) является режимной характеристикой качества воздуха. При расчете этого показателя используется среднегодовая концентрация примесей. Показатель не учитывает изменчивость концентраций загрязняющих веществ. Критерий I (5) характеризует тенденцию изменения состояния загрязнения атмосферного воздуха в конкретном промышленном центре, а для крупного населенного пункта - в конкретном районе города.

В соответствии с существующими методами оценки среднегодового уровня, выделяются четыре степени загрязнения атмосферного воздуха. Уровень загрязнения считается низким, если ИЗА ниже 5, повышенным при ИЗА от 5 до 6, высоким при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким при ИЗА, равном или больше 14. При этом экологическая ситуация в регионе оценивается следующим образом (табл. 2.7).

Таблица 2.7

КИЗА	Экологическая ситуация				
	Относительно удовлетворительно	Напряженная	Критическая	Кризисная	Катастрофическая
1 вещество	1	1-4	4-8	8-16	>16
2-4 вещества	1-4	4-8	8- 16	16-32	>32

2.4 Оценка фонового состояния компонентов окружающей среды

Фоновое загрязнение природной среды изменяется в основном за счет распространения антропогенных загрязняющих веществ в атмосфере на большие расстояния. Это обусловлено тем, что антропогенный выброс в атмосферу смешивается и переносится естественными потоками вещества. Загрязняющие вещества в процессе дальнего переноса претерпевают физико-химические изменения, осаждаются на земную поверхность и включаются в природные процессы миграции. В фоновых районах, удаленных от мест интенсивной антропогенной деятельности, происходит накопление загрязнителей. В связи с этим необходима система наблюдений за антропогенными изменениями окружающей среды на фоне её естественной изменчивости.

2.4.1 Цели и задачи фонового мониторинга

Фоновый экологический мониторинг должен выявить глобальные тенденции антропогенных изменений биосфера на фоновом уровне загрязнения. Поэтому перечень приоритетных загрязнителей и мест контроля определяется масштабами воздействия. Станции фоновых наблюдений делятся на базовые и региональные.

Базовые станции размещаются в районах, не подверженных непосредственному антропогенному воздействию, и дают информацию об исходном состоянии биосфера. Для всей Земли таких станций, как предполагают, достаточно 30-40 на суше и около 10 в Мировом океане.

Региональные станции располагаются вблизи урбанизированных районов и дают информацию о состоянии биосфера в подверженных антропогенному влиянию районах. Количество, положение и программа наблюдений таких станций должны позволить как можно скорее и полнее выявить все неблагоприятные тенденции регионального характера.

Поскольку фоновый мониторинг, является подсистемой глобального и национального, сеть станций, обеспечивающая решение задач этих систем экологического мониторинга, участвует и в решении задач фонового мониторинга. Для проведения систематических комплексных наблюдений и измерений фонового уровня загрязняющих веществ антропогенного происхождения созданы станции комплексного фонового мониторинга, которые расположены в биосферных заповедниках.

результате проведения комплексного фонового мониторинга должны быть решены следующие задачи:

- определение уровней загрязняющих веществ;
- оценка тенденции изменения уровней загрязняющих веществ;
- определение пространственного распределения загрязняющих веществ в природных средах.

2.4.2 Станции комплексного фонового мониторинга

К началу 80-х годов наблюдения (постоянные или экспедиционные) по программе комплексного фонового мониторинга проводились в СССР в 8 биосферных заповедниках и на одной фоновой станции [18]. Из них Приокско-террасный, Центральночертоземный, Кавказский, Баргузинский и Сихотэ-Алинский были расположены в РСФСР; Брезезинский – в Белоруссии; Репетекский – в Туркмении; Сары-Челекский – в Киргизии; фоновая станция Боровое – в Северном Казахстане.

В рамках международных соглашений по охране природы стран-участниц СЭВ по программе комплексного фонового мониторинга работали также станции, расположенные в биосферных заповедниках: Ропотамо (Болгария), Луккяны (Польша), Кечкемет (Венгрия), Кошетице (Чехословакия) и Нойглобзев (ГДР), и был наложен четкий обмен получаемой информацией.

В настоящее время в Российской Федерации по программе комплексного фонового мониторинга работают 6 станций, которые располагаются в следующих биосферных заповедниках: Приокско-террасном, Центрально-лесном, Воронежском, Кавказском, Астраханском и Баргузинском.

На станциях комплексного фонового мониторинга определяют:

- *в атмосферном воздухе*: взвешенные частицы, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, 3,4-бензпирен, сульфаты, ДДТ и другие хлорорганические соединения, озон, оксиды азота, серы (IV) и углерода (IV);
- *в атмосферных выпадениях* (осадки, снежный покров, сухие выпадения): свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, 3,4-бензпирен, сульфаты, ДДТ и другие хлорорганические соединения, главные катионы и анионы, pH;
- *в пресных водах, донных отложениях и почве*: свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, 3,4-бензпирен, ДДТ и другие хлорорганические соединения, биогенные элементы;
- *в биоте (растительность, объекты животного мира)*: те же вещества, что и в предыдущих средах, кроме биогенных элементов.

Кроме того, одновременно проводятся и гидрометеорологические измерения, характеризующие физическое состояние природных сред. Время усреднения для осадков, как правило, составляет 1 месяц. Частота отбора других проб обсуждалась ранее. Однако эти параметры наблюдений, так же как расширение списка определяемых загрязнителей (а иногда его сокращение), зависят часто от местных условий, технических, а в последнее время особенно экономических возможностей.

2.4.3 Аналитические методы в фоновом мониторинге

Успешное проведение фонового мониторинга во многом зависит от совершенства методов анализа, применяемых для определения загрязнителей на чрезвычайно низких уровнях концентраций. Эти методы должны быть, по возможности, просты, надежны, высокочувствительны и селективны, унифицированы, мобильны и перспективны, чтобы при переходе на новые, более совершенные методы результаты измерений предшествующих и последующих лет были репрезентативны. Перечень основных аналитических методов, применяемых в фоновом мониторинге, дан в табл. 2.8 [18].

Определяемое вещество	Аналитический метод	Предел обнаружения	Точность %
Озон	Кулонометрия	10 мкг/м ³	10
	Спектрофотометрия	4 мкг/м ³	2
	Хемилюминометрия	2 мкг/м ³	1
Оксиды азота	Химический	0,1 мкг/м ³	5
	Хемилюминометрия	0,2 мкг/м ³	1
Оксид серы(IV)	Химический	0,06 мкг/м ³	5
	Пламенная фотометрия	3 мкг/м ³	2
Ртуть	Атомно-абсорбционная спектрофотометрия (ААС)	0,05 нт/мл	5-10
Свинец, кадмий	ААС с пламенной атомизацией	0,5 мкг/мл (РЬ)	10
		0,05мкг/мл(О1)	10
	Эмиссионная спектрофотометрия (ЭС)	Юнг/мл	5-10
	Рентгено-флюоресцентный анализ (РФА)	0,1 нг/см ²	10-15
Мышьяк	ААС с гидридной генерацией	5 нг/мл	5-10
	Нейтронно-активационный анализ (НАА)	0,01 нг	5-10
3,4-бензпирен и другие ПАУ	Спектрофотометрия	1 мкг/мл	10-15
	Газовая хроматография	0,1 мкг/мл	10-15
	Жидкостная хроматография	0,01 мкг/мл	10-15
	Люминесцентная спектроскопия при комнатной температуре	1 нг/мл	10-15
	Спектрофлюориметрия при температуре жидкого азота	0,1 нг/мл	15-20
ДДТ и другие ХОП	Газовая хроматография с ЭЗД	0,1 нг/мл	15-20

Сопоставление их характеристик с приведенными ниже концентрациями загрязнителей в фоновых районах (табл. 2.9) [18] показывает, что в большинстве случаев пределы обнаружения аналитических методов не обеспечивают прямого измерения многих загрязнителей на фоновых уровнях. Поэтому анализ конкретного загрязняющего вещества должен состоять из отбора пробы необходимого объема (массы), извлечения и концентрирования определяемого вещества, очистки от мешающих анализу примесей, качественного и количественного определения.

Таблица 2.9

Концентрации основных загрязнителей в фоновых континентальных районах

Вещество	Воздух	Атмосферные осадки	Поверхностные воды	Почва	Растительный материал
	нг/м ³	мкг/л		мг/л (сухого вещества)	
Свинец	0,2-40	0,03-40	0,3-4	1-70	0,2-50
Кадмий	0,02-1,5	0,01-1,5	0,01-0,9	0,01-2	0,1-1
Мышьяк	0,1-10	0,02-10	0,05-10	0,1-9,6	0,1-1

Ртуть	0,03-50	0,01-0,5	0,01-0,5	0,001-0,5	0,001-0,5
3,4-бензпирен	0,01-0,8	0,001-0,03	0,001-0,005	0,0001-0,002	0,002-0,07
ДДТ	0,01-2	0,01-0,2	0,001-0,1	0,008-0,1	0,015-0,2
ГХЦГ (линдан)	0,005-3	0,01-0,04	0,001-0,05	0,001-0,1	0,01-0,15

Дополнение:

Воздух (мкг/м³): пыль - 5-50, озон - 5-100, диоксид азота - 0,1-10, диоксид серы - 0,2-10, сульфаты - 0,3-10

Атмосферные осадки (мг/л): сульфаты - 1-5

Для концентрирования определяемых веществ наиболее часто используется жидкостная экстракция, которая во многих случаях одновременно является и методом отделения от мешающих примесей.

Так, кадмий, свинец и ртуть можно сконцентрировать экстракцией хлороформом диэтилдитиокарбаматов этих металлов, получающихся добавлением к анализируемому раствору 2% диэтилдитиокарбамата натрия. При этом извлекается 90-100% металлов, коэффициенты концентрирования достигают 2000. Этот же метод широко применяется при определении как названных выше тяжелых металлов, так и меди, серебра и других в морской воде.

Свинец и кадмий можно сконцентрировать экстракцией их дитизонатов четыреххлористым углеродом, при этом также достигается отделение металлов от многих мешающих примесей.

Ртуть концентрируют также на серебряном амальгаматоре. Это очень избирательный метод, но амальгаматоры не имеют стандартных характеристик, поэтому требуется калибровка прибора с данным амальгаматором.

Используется экстракция и для концентрирования органических загрязнителей. 3,4-бензпирен можно проэкстрагировать н-гексаном, цикло-гексаном, бензолом или ацетоном в «горячих» или «холодных» условиях. Причем «холодная» экстракция в большинстве случаев обеспечивает и очистку от примесей.

ДДТ и другие хлорорганические соединения экстрагируют н-гексаном при анализе воздуха и воды или смесью н-гексана с ацетоном при анализе почвы и растений.

Для экстракции СПАВ пользуются метилизобутилкетоном, толуолом, бензолом, бутилацетатом или метилгептилкетоном, причем наилучшие результаты дает первый из них.

При концентрировании нефтяных углеводородов в зависимости от количественного окончания (ИК-спектроскопия, весовой метод) в качестве экстрагентов используют четыреххлористый углерод или хлороформ, которые обеспечивают извлечение до 99%.

Из других методов концентрирования, очистки и разделения используют тонкослойную хроматографию (3,4-бензпирен) и колоночную хроматографию (ДДТ и другие пестициды).

Более подробно данные вопросы рассматриваются во второй части пособия.

2.4.4 Фоновое содержание загрязнений в компонентах ОС

Содержание основных загрязнителей в природных объектах фоновых континентальных районов Земли в 80-х годах было приведено в табл. 2.9 [18]. Из нее видно, что концентрации основных загрязнителей в воздухе на несколько порядков меньше, чем в атмосферных осадках, а концентрации в последних практически совпадают с концентрациями в поверхностных водах. Концентрации загрязнителей в почвах на несколько порядков выше концентраций их в поверхностных водах. Содержание же загрязнителей в растениях близко к таковому в почвах, т.е. концентрирования приведенных загрязняющих веществ биотой на фоновом уровне практически не наблюдается.

Содержание загрязняющих веществ в атмосфере и атмосферных осадках над океанами, как правило, ниже, чем в континентальных районах. Например, концентрации диоксида серы над поверхностью океана всего $0,0544 \text{ мкг/м}^3$, а концентрация 3,4-бензпирена в центральной части океанов $0,0640,6 \text{ нг/м}^3$. Но по мере приближения к портам они возрастают до $2,5$ $3,5 \text{ нг/м}^3$.

Наиболее высокие фоновые концентрации загрязнителей наблюдаются в промышленных районах континентов (США, Западная Европа и т.д.).

Фоновые загрязнения донных отложений пресноводных водоемов лежат в следующих пределах (в мг/кг сухого вещества): свинец – $0,9$ 100 , ртуть - $0,01$ $0,95$, мышьяк - 1 11 , кадмий - $0,04$ 12 . Максимальные фоновые концентрации осадков в реках и озерах США и Западной Европы.

В Российской Федерации в 90-х годах наблюдается некоторое снижение фоновых загрязнений. Минимальные концентрации и потоки загрязнителей отмечаются в Забайкалье. На европейской территории РФ снизились концентрации сульфатов и нитратов в атмосферных осадках.

В 1993 г. среднегодовые фоновые концентрации загрязнителей в воздухе были следующие: пыль - 25 35 мкг/м^3 , сульфаты - 1 5 мкг/м^3 , свинец - 4 9 нг/м^3 , 3,4-бензпирен - $0,05$ $0,15 \text{ нг/м}^3$. Среднемесячные фоновые концентрации загрязнителей часто имеют внутригодовой ход. В качестве примера на рис. 2.6 показан характер изменения концентраций ряда загрязнителей на фоновой станции Боровое в конце 70-х - начале 80-х гг.

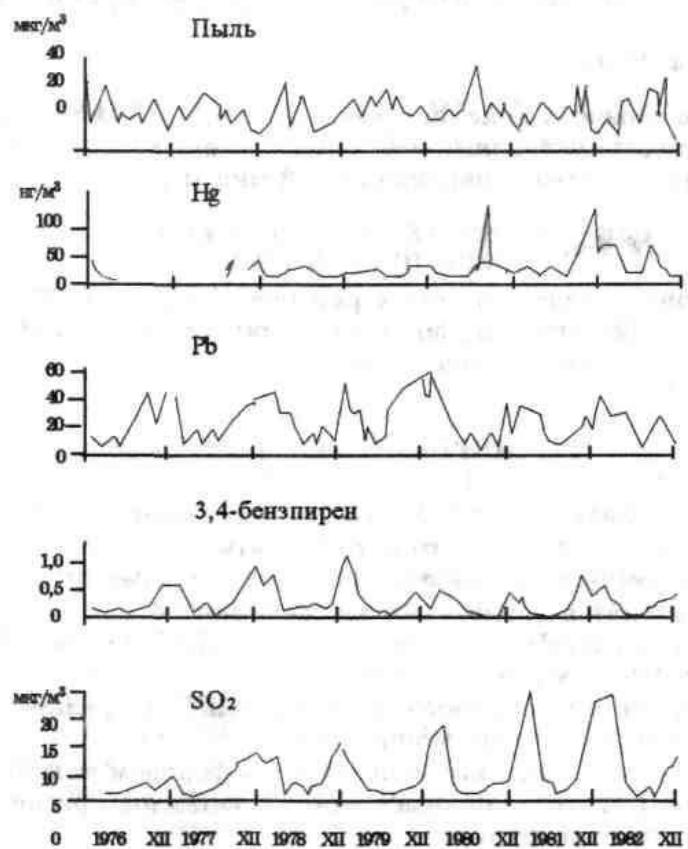


Рис. 2.6. Среднегодовые концентрации загрязнителей [1]

Аналогичный годовой ход фоновых концентраций загрязнителей наблюдался и в других биосферных заповедниках.

Сравнение среднегодовых концентраций загрязнителей в разных средах биосферных заповедников европейской территории СССР (до 1992 г.) или РФ (с 1992 г.) и стран Восточной Европы показывает, что минимальные значения концентраций чаще всего наблюдаются в Кавказском биосферном заповеднике, а максимальные – в Кечкеметском (Венгрия).

При этом за последние 10-15 лет существенных изменений в состоянии окружающей среды в Кавказском биосферном заповеднике не произошло, что подтверждается следующими данными о концентрациях ряда загрязнителей в различных природных средах:

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 2

1. Какие принципы лежат в основе классификации загрязнений окружающей среды?
2. Перечислите экологически опасные виды производств и объектов.
3. Какие вредные компоненты входят в состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания?
4. Какие вредные компоненты входят в состав газовых выбросов промышленных предприятий?
5. Каков размер твердых частиц в пылях и дымах?
6. В чем заключается опасность образования твердых взвешенных частиц (ТВЧ) и попадания их в окружающую среду?
7. Каким образом образуются промышленные туманы?
8. Приведите примеры газообразных выбросов.
9. Что такое «микрозагрязнения»?
10. Какие суперэкотоксианты относят к микрозагрязнениям.
11. Перечислите основные источники образования полиароматических углеводородов и диоксинов.
12. Какая вода – природная, сточная или денатурированная имеет максимальные концентрации техногенных примесей?
13. К какому классу по фазово-дисперсному состоянию относятся поверхностно-активные вещества (ПАВ) и какой способ можно использовать для их очистки?
14. Перечислите нестационарные и неточечные источники сточных вод.
15. Какие стоки – бытовые или промышленные – имеют постоянный состав.
16. В каком месте осуществляется контроль бытовых стоков?
17. Перечислите основные источники образования твердых промышленных отходов.
18. В чем заключается принципиальное отличие бытовых отходов от промышленных?
19. Какие из физико-химических параметров твердых бытовых отходов имеют наибольшее значение при термической переработке?
20. Перечислите объекты экологического мониторинга.
21. Что такое «ингредиентный мониторинг»?
22. Что общего в задачах геофизического и биологического мониторинга?
23. Перечислите иерархические уровни систем мониторинга.
24. В чем заключается цель фонового мониторинга?
25. Какие физико-химические процессы лежат в основе естественного уменьшения концентраций загрязняющих веществ в атмосфере?
26. Какие эколого-гигиенические показатели используются при диагностике состояния атмосферного воздуха?
27. Какие задачи выполняют базовые и региональные станции фонового мониторинга.
28. Перечислите аналитические методы, используемые в фоновом мониторинге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. Учебное пособие.–М: Гранд, 2000

2. Родионов А.И., Клужин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. Учебник для ВУЗов. –М: Химия, 1989 РАН В.В.Клюева. -М.: МГФ «Знание», «Машиностроение», 2000 , - 495 с.
3. Экология. Охрана природы и экологическая безопасность. Уч. пособие под ред. Данилов-Данильян В.И., –М: МНЭПУ, 1997
4. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств
5. Ласкорин Б.Н., Громов Б.В., Цыганков А.П. Проблемы развития безотходных производств.–М: Стройиздат. 1985
6. Харламова М.Д., Зволинский В.П., Кривошеин Д.А. Экологически чистые технологии и производства. Теория и практика. Часть 1. Уч. пособие. –М: РУДН, 2008 г.
7. Международная конвенция: «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» (1991 г.).
8. Годовой научно-технический отчет ЗАО «Прима-М», 2004 г.
9. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. –М.: Высшая школа, 2001, - 510 с.
10. Методические рекомендации «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения»// № 2510/5716-97-32 от 30.07.97
11. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколо-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, 323 с.
12. Кульский Л.А. Очистка воды на основе классификации ее примесей. / Укр.НИИ НТИ и ТЭИ, Киев, 1967, с.14
13. Еремеева А.О. // Журн. экологич. химии. 1995. Т.4, №2. С. 141-149
14. П. В. Молодов Научно-технический отчет ЗАО «Прима-М», 1997 г.
15. Mann R.E. Global Environmental Monitoring System, SCOPE, Rep.3. Toronto, 1973.
16. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. –М: МНЭПУ, 1998. -208 с.
17. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга // Изв.АН СССР, сер.геогр., №3, 1975.
18. Клюев В.В., Ковалев А.В., Щербаков А.Г.и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ /Под общ. ред. В.В.Клюева.–М.:Машиностроение,2000.-496с.,ил.
19. Израэль Ю.А. Об оценке состояния биосфера и об основании мониторинга //Докл.АН СССР, т.226, №4, 1975, с.955-957.
20. Израэль Ю.А.///Метеорология и гидрология, 1974, №7,. с.3-8.
21. Родионов А.И., Клужин В.Н., Торочешников Н.С Техника защиты окружающей среды. Учебник для ВУЗов. –М: Химия, 1989

ГЛАВА 3 АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ

Особенности воздействия некоторых химических загрязнителей на живые организмы и человека. Процедуры и операции технологического цикла химико-аналитического контроля. Выбор места отбора проб и контроля загрязнения. Подготовка проб к анализу в лаборатории. Качественный и количественный анализ проб. Обработка и оценка результатов контроля ОС. Обзор современных химико-аналитических методов контроля компонентов природно-антропогенных систем.

3.1 Экологическое воздействие химических загрязнителей на компоненты ОС и человека

Ухудшение качества окружающей среды часто бывает следствием природных стихийных процессов, однако, антропогенное воздействие во многом превосходит влияние естественных процессов.

Опасность воздействия человека на природную среду заключается в том, что отклик биосфера на него появляется не сразу, а со сдвигом во времени, причем время отклика зависит от характера воздействия. Одним из таких воздействий является химическое загрязнение среды обитания.

Химическое загрязнение - основной фактор неблагоприятного антропогенного воздействия на природную среду, включая все среды обитания жизни. Основными источниками и причинами изменения химического состава природной среды (атмосферного воздуха, воды, почвы) и продуктов питания являются:

- сжигание минерального топлива - теплоэнергетика, автомобильный, воздушный транспорт и др.;
- добыча и переработка полезных ископаемых - горнодобывающая промышленность, металлургия, машиностроение, химическая промышленность;
- применение минеральных удобрений, содержащих примеси тяжелых металлов и ядохимикатов;
- хозяйствственно-бытовые сточные воды и твердые отходы.

Техногенная деятельность человека привела к загрязнению биосфера чужеродными химическими элементами и нарушению равновесного химического обмена между геосферой и живыми организмами. Чужеродные для организма химические загрязнители и изменения концентраций биогенных элементов приводят к биохимическому дисбалансу, проявляющемуся в развитии заболеваний, сокращению продолжительности жизни и возникновению процессов изменения наследственных признаков [13].

Для каждого компонента окружающей среды существуют свои особенности распределения и депонирования химических загрязнителей, что обуславливает их воздействие на организм человека. Миграция токсичных соединений в окружающей среде - результат тенденции веществ к распространению и представляет собой сложный, многоступенчатый процесс, обусловленный многими физическими, химическими и биологическими факторами, в частности:

- физико-химическими свойствами токсикантов - молекулярной массой, растворимостью в воде, гидрофобностью (коэффициент распределения вещества между неполярным и полярным растворителями - н-октанолом и водой, обозначаемый K_{ow}); давлением пара, определяющим летучесть веществ, фугитивностью (стремление вещества выйти за пределы фазы, в которой оно находится), наличием химически активных функциональных групп и т.д.;
- физическими процессами массопереноса и эмиссии веществ, какими являются адсорбция, десорбция, диффузия, конвекция, дисперсия, сухое и влажное осаждение и т.д.;
- химическими процессами, в частности окислением, гидролизом, фотолизом, конъюгацией токсикантов или их производных с природными материалами и т.д.;

- *географическими процессами* циркуляции веществ, например, атмосферным переносом (осадки, ветры), океаническими циркуляциями, водным переносом, осуществляемым реками, и т.д.;
- *биологическими процессами*, участвующими в глобальных процессах круговорота веществ в природе. К ним относятся биоконцентрирование, биоумножение, биоаккумуляция, биотрансформация, биодеградация, биотический перенос веществ и т.д.

В принципиальной схеме миграции загрязнений антропогенного происхождения в природных средах можно выделить пять стадий (см. рис. 3.1).

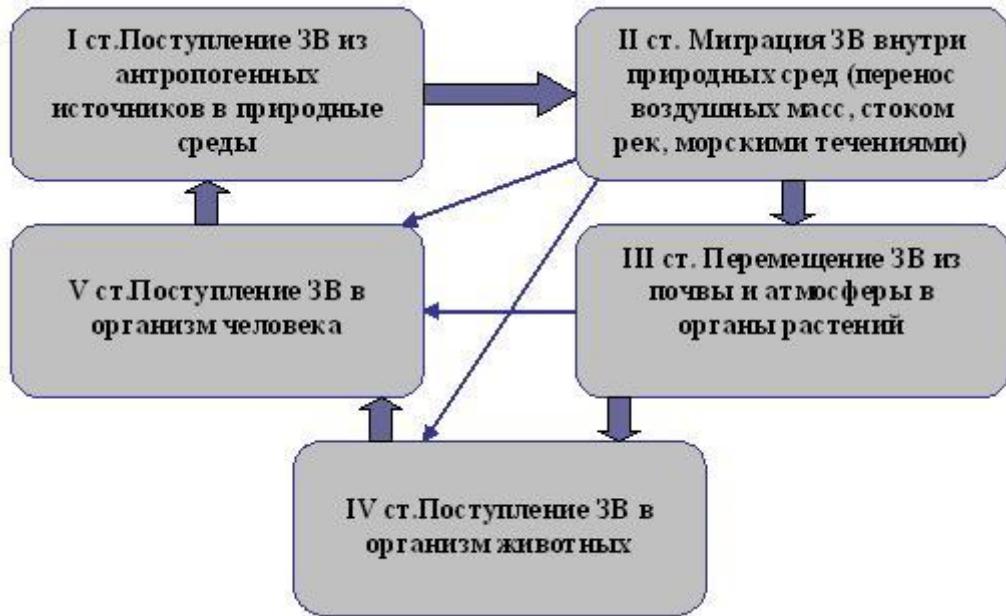


Рис. 3.1. Схема миграции ЗВ в окружающей среде

Таким образом, при оценке атмосферного загрязнения нужно учитывать, что большая часть химических загрязнителей (тяжелые металлы, ХОП, ПАУ, ПХБ, ПХДД, ПХДФ и др.) могут сосредотачиваться в атмосфере одновременно в газовой фазе и в виде аэрозольных частиц сажи и пыли. Для химических загрязнителей распределение между паровой и аэрозольной фазами будет различным из-за особенности физико-химических свойств индивидуальных соединений. Так, для ДДТ и ПХБ вклад аэрозольной составляющей может находиться в пределах 5-60 %, тогда как ПАУ в большинстве случаев присутствуют в атмосфере в виде аэрозольных частиц [1].

Из атмосферы химические загрязнители выводятся двумя путями за счет осадков и за счет сухих выпадений, при этом с увеличением расстояния от источника выброса их концентрации быстро уменьшаются [2]. При этом необходимо учитывать трансмиссионные факторы, а также химический состав атмосферных осадков, особенно снежного покрова.

Следует отметить, что Россия занимает невыгодное географическое положение по отношению к трансграничному переносу аэрополлютентов. В связи с преобладанием западных ветров значительную долю загрязнения воздушного бассейна Европейской территории России (ЕТР) дает аэрогенный перенос из стран Западной и Центральной Европы и ближнего зарубежья. Около 50% заграничных соединений серы и окислов азота на Европейскую территорию России поставляют Украина, Польша, ФРГ и Великобритания. В пятерку наиболее значимых экотоксикантов, определяющих суммарное загрязнение воздуха, чаще других попадают такие вещества как бенз[а]пирен, формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, сероуглерод, оксиды азота и пыль [3].

Оценивая загрязнения водных сред химическими загрязнителями необходимо учитывать их источник. Необходим правильный выбор пунктов наблюдения и контроля при измерении концентраций. Такие пункты обычно располагают в зоне сброса сточных вод и расположения крупных промышленных предприятий [4].

Особого контроля заслуживают донные отложения, которые аккумулируют химические загрязнители, способствуют их выведению из воды и представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения.

Если учесть, что большинство приоритетных загрязнителей плохо растворимы в воде, то процессы их накопления в донных отложениях протекают за счет седиментации взвешенных частиц, на которые они сорбируются, а сами донные отложения представляют важную составляющую общего загрязнения водоемов. В качестве примера можно привести исследования донных отложений водных объектов в Европе и Северной Америке, которые показали наличие в них большого содержания ПХДД/ПХДФ, в то время как в воде их концентрации не превышали допустимых пределов [5]. Особого внимания заслуживают химические загрязнители морской воды. Многие приоритетные химические загрязнители в ней практически нерастворимы и присутствуют в следовых количествах. В зависимости от температуры они могут образовывать плавающие сгустки или же растекаться по поверхности моря (если их плотность меньше плотности морской воды). Тяжелые загрязнители будут оседать на дно. Некоторые, более растворимые в морской воде загрязнители (пестициды, металлоорганические соединения олова, свинца, ртути, фенолы, фталаты) будут образовывать локальные области с высокими концентрациями.

Общая масса загрязнителей гидросферы огромна - около 15 млрд. т в год. К наиболее опасным химическим загрязнителям относятся соли тяжелых металлов, фенолы, пестициды и другие органические яды, нефтепродукты, насыщенная бактериями биогенная органика, синтетические поверхностно-активные вещества и другие моющие средства, минеральные удобрения.

Заметим, что реальная масса загрязнителей, поступающих в водоемы, значительно больше, поскольку в приводимых в литературных источниках данные не учитывают атмосферные выпадения загрязняющих веществ, смыв органики и ядохимикатов с сельскохозяйственных угодий и др.

В основе оценки опасности всех видов нарушений лежит общий принцип, основанный на определении объемов загрязненных стоков (или изъятых вод) и размеров превышений их нормативных уровней. Опасность i -го нарушения, например химического, рассчитывается по уравнению [3]:

$$D_i = V_i \cdot \frac{W_i}{N_i}$$

При организации постоянных наблюдений за распространением химических загрязнителей на большие расстояния следует учитывать следующие факторы:

- данные об источнике загрязнения;
- характеристики загрязнителя (токсичность, устойчивость, концентрацию, трансмиссию, способность к соосаждению, растворимость в воде и др.);
- гидрометеорологические условия;
- результат локальных наблюдений;
- уровни загрязнения природной среды в соседних областях;
- сведения о глобальном переносе загрязнителей.

Для оценки трансграничного переноса загрязнителей обычно применяют модель горизонтального переноса, предложенную Эйлером [4]. Большего интереса в настоящее время заслуживает проблема изучения уровней загрязнения, связанного с трансграничным переносом тяжелых металлов (ТМ), стойких органических загрязнителей (СОЗ), полиароматических углеводородов (ПАУ) [10-12].

Следует отметить, что в литературных источниках имеется много вариантов классификации видов химических загрязнений, и наиболее удачные примеры приведены в работах [14,15]. Так, в работе [15] классификация химических загрязнителей атмосферы производится с учетом токсичности и потенциальной опасности загрязнителей. Учитываются также распространенность загрязнителей и характер источников эмиссии.

Основными (критериальными) загрязнителями атмосферы являются: оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды, фотохимические оксиданты, ПАУ, тяжелые металлы, а также газы диоксид углерода, фторхлорметаны и др. Важными загрязнителями являются абразивные твердые частицы (кварц, асбест и др.). Многие загрязнители оказывают многостороннее действие на живые организмы: нитрозамины, озон, полихлорированные бифенилы (ПХБ), сульфаты, нитраты, альдегиды, кетоны и др. Все критериальные загрязнители относят к первичным загрязнителям атмосферы.

Для всех приоритетных химических загрязнителей характерна высокая токсичность, способность к накоплению в трофических цепях и устойчивость в окружающей среде. Списки приоритетных загрязнителей были приведены в гл. 2. Рассмотрим особенности воздействия некоторых загрязнителей на организм человека.

Твердые взвешенные частицы регистрируются в воздухе промышленных центров, где преобладают цементные и металлургические производства, а также ТЭЦ, использующие уголь в качестве топлива. Результатом воздействия повышенных концентраций взвешенных веществ на здоровье населения является появление дополнительных случаев смертей от всех причин - до 40 тыс. случаев в год, а также смертей от заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний, дополнительные случаи бронхита у детей [16].

Многочисленные химические вещества, присутствующие в атмосферном воздухе, по характеру их воздействия на изменения состояния здоровья, можно условно разделить на несколько основных групп [17].

Диоксид азота. Повышенные концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе наблюдаются в городах с интенсивным движением автотранспорта. Средние концентрации диоксида азота возрастают с севера на юг вследствие усиления влияния солнечной радиации на фотохимические реакции перехода оксидов азота в диоксид. Повышенные концентрации диоксида азота по данным экспертов ВОЗ ведут к увеличению заболеваний нижних дыхательных путей у детей на 20% и увеличению числа болезненных симптомов со стороны верхних дыхательных путей [18]. В условиях влияния повышенных концентраций диоксида азота в России проживает до 5,6 млн. человек, в том числе 3,6 млн. человек - при воздействии концентраций от 60 - 70 мкг/м³ и 2 млн. человек - при концентрациях от 70 до 120 мкг/м³.

Диоксид серы. По массе выбросов диоксид серы занимает ведущее место среди других загрязнителей воздуха. Наиболее высокие концентрации его регистрируются в атмосферном воздухе городов с металлургическим производством (Норильск, Медногорск, Никель и другие и др.). При увеличении концентрации этого вещества в атмосферном воздухе на 10 мкг/м³ соответствующее возрастание уровня смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы по оценкам составляет 0,9 %. Последствия воздействия этого вещества на здоровье населения в российских городах оценить сложно, так как уровни содержания диоксида серы в атмосферном воздухе городов России явно занижены и требуется уточнение или совершенствование аналитических методов контроля.

Оксид углерода. В атмосферном воздухе большинства городов России содержание оксида углерода не превышает нормативного уровня.

В атмосферном воздухе городов проводится регулярный контроль по *веществам, обладающим канцерогенными свойствами*, - бенз[а]пирену, бензолу, формальдегиду. Единичны исследования, в которых оценивается уровень загрязнения другими канцерогенными веществами, такими как ПХДД и ПХДФ, мышьяк, 1,3-бутадиен, шестивалентный хром, никель. Между тем, крупные металлургические комбинаты расположены на Кольском полуострове вблизи городов Мончегорск, Никель, Заполярный; в Челябинской области - в городах Верхний Уфалей и Реж. Повышенный уровень загрязнения окружающей среды мышьяком возможен в городах, где расположены медеплавильные производства (Красноуральск, Кировград, Медногорск) или производства золота (Пласт Челябинской области, пос. Семеновский в Башкортостане, поселки в Амурской области).

Высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха бенз[а]пиреном, до сих пор часто используемым как индикатор загрязнения воздуха ПАУ, характерны для городов, где размещены

предприятия черной металлургии - Череповец, Челябинск, Магнитогорск, Нижний Тагил, Екатеринбург; алюминиевые заводы - Краснотурьинск, Каменск-Уральский, Волгоград, нефтеперерабатывающие заводы - Уфа, Стерлитамак, Ишимбай. Во многих из них проведены онкоэпидемиологические исследования. Так, статистически достоверно повышен уровень онкологической заболеваемости и смертности в таких городах, как Магнитогорск, Норильск, Каменск-Уральский, Уфа, Стерлитамак, Ишимбай и некоторых других.

Бенз[а]пирен поступает в атмосферный воздух при сжигании угля и показано, что онкологическая заболеваемость и смертность за 10-летний период населения Суворовского района Тульской области, где расположена Черепетская ГРЭС, работающая на каменном угле с добавлением мазута почти 50 лет, существенно выше соответствующих показателей по контрольному району. Онкологическая опасность такого представителя группы стойких органических веществ, как диоксины прослежена в г. Чапаевске Самарской области - одном из наиболее загрязненных диоксинами городов мира. В Чапаевске установлено значительное статистически достоверное увеличение заболеваемости населения злокачественными новообразованиями и его смертности от этой причины по сравнению с другими городами области, причем это увеличение наиболее выражено по раку молочной железы [19].

Вещества, влияющие на репродуктивное здоровье. К ним относятся такие вещества, как свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, бензол, сероуглерод, стирол, хлорсодержащие вещества - хлороформ, диоксины, трихлорэтилен, ПХБ и другие. Повышенные концентрации этих веществ характерны для окружающей среды городов со свинцово-плавильными производствами (Красноуральск, Карабаш, Владикавказ, Ревда и др.), с производствами химического (искусственного) волокна, синтетического каучука, хлорсодержащей продукции - города Уфа, Пермь, Волгоград, Стерлитамак, Чапаевск, Дзержинск и др.

Факт повышенной заболеваемости беременных женщин, проживающих на экологически неблагополучных территориях, описан в городах Челябинской области - Челябинске, Магнитогорске, Златоусте, Верхнем Уфалее, Карабаше [20].

В 1997 году, в России впервые была представлена сравнительная оценка содержания свинца в биологических средах (крови, волосах, моче) различных групп населения; проведена сравнительная оценка влияния свинца на здоровье различных групп населения. При воздействии свинца на здоровье населения, в первую очередь детей, происходят соответствующие изменения нервно-психического развития и поведения, выражющиеся в ухудшении внимания, сосредоточенности, памяти, аналитических способностей, нарушении двигательной активности, координации движений. Расчет риска негативного воздействия окружающей среды, загрязненной свинцом, на основании биокинетической модели EPA USA показал, что в 120 городах России ориентировочно у 1,9 млн. детей содержание свинца в крови может превышать принятый в США ориентировочный безопасный уровень в 9,9 мкг/дл [25].

Второй по гигиенической значимости металл, который, как и свинец, широко распространён в окружающей среде - это ртуть. Особенно высоко содержание ртути в окружающей среде городов, где производилась каустическая сода и в качестве катода применялась ртуть. Сброс ртути от предприятий в городах Усолье-Сибирское и Саянске привел к загрязнению воды Братского водохранилища. В результате избыточного потребления загрязненной рыбы суточная допустимая доза поступления ртути превысила рекомендуемые ВОЗ нормативы в несколько раз. Для жителей посёлка на берегу характерно накопление ртути в моче, а психоневрологическое обследование жителей выявило определённые изменения интеллектуальной и эмоциональной сферы: высокую ситуационную и личную тревожность; снижение способности к логическому мышлению и абстрагированию; ослабление памяти, внимания; явления невротизма, что может быть связано с воздействием малых доз метилртути [26].

ТМ попадают в организм с пищей, водой, при вдыхании загрязненного воздуха, и в зависимости от химической формы их соединений с той или иной скоростью иногда довольно быстро выводятся из организма. Так как эти соединения не участвуют в нормальном обмене веществ и для большинства из них характерны длительные периоды полувыведения (от месяцев до десятков лет), происходит накопление ТМ, ведущее к различным поражениям и тяжелым хроническим заболеваниям.

Негативные последствия загрязнения почвы лесного биогеоценоза тяжелыми металлами и кислотными дождями представлены на рис.3.2.

Примером комплексного негативного воздействия на окружающую среду является целлюлозно-бумажное производство (ЦБП), наиболее проблемное по величине токсичных выбросов в атмосферу и сбросов в воду, а также экологической опасности для природной среды (табл. 3.1). Приблизительный химический состав сточных вод, взятых на одном из целлюлозно-бумажных предприятий России (Вишерский комбинат), представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.1

Классификация отраслей промышленности по экологической опасности для природной среды

Отрасли промышленности	Индекс экологической опасности, рассчитанный по отношению к валовой продукции	Оценка опасности отрасли
Цветная металлургия; микробиологическая	$I_{\text{э}} > 10.1$	Особенно опасные
Химическая; нефтехимическая; чёрная металлургия; теплоэнергетика	$I_{\text{э}} = 5.1 - 10.0$	Очень опасные
Лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная; топливная	$I_{\text{э}} = 1.1 - 5.0$	Опасные

Таблица 3.2

Химический состав сточных вод целлюлозно-бумажного производства

Компонент	Концентрация в сточных водах (мг/л)
Взвешенные вещества	2,29
Сухой остаток	29,0
Органическое вещество	19,7
ХПК	3186,0
БПК 5	384,0
Лигносульфоновые кислоты	6,1
Уксусная кислота	6,1
Уксусная кислота	790,0
Муравьиная кислота	109,8
Другие летучие органические кислоты	20,1
Гумифицированные вещества	8,4
Гексозы и пентозы	202,0
Метанол	245,0
Фурфурол	0,96
Сернистые соединения (SO_2)	1,4
$\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$	79,7
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	10,1
SO_3^{2-}	48,0



Рис. 3.2. Воздействие атмосферных загрязнений комбинатов цветной металлургии на лесные биогеоценозы

3.2 Процедуры и операции технологического цикла химико-аналитического контроля загрязнения окружающей среды (ОС)

Технология и средства контроля загрязнения окружающей среды неотделимы друг от друга. Совокупность методов (способов), лежащих в основе применяемых технических средств, и последовательность операций наблюдения (измерений) показателей ОС, с их помощью осуществляемых, равнозначно необходимы для получения мониторинговой информации - о состоянии ОС и наличии в ней загрязнений, их характере, качественном составе и количественном содержании в объектах среды. [32] Основные процедуры эколого-аналитического контроля представлены на рис.3.3.



Рис. 3.3. Процедуры эколого-аналитического контроля

Результаты вышеприведенных процедур позволяют реализовать основные цели и задачи экологического мониторинга - обеспечить систему управления природоохранной деятельности и экологической безопасности своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека;
- 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 возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

Как видно из данных целей, экологический мониторинг ориентирован на ряд показателей трех общих видов: соблюдения, диагностики и раннего предупреждения. В рамках вышеуказанных процедур обычно осуществляются несколько технологических операций, повторение которых и составляет технологический цикл эколого-аналитического контроля (рис.3.4) [32].



Рис. 3.4. Технологический цикл эколого-аналитического контроля

3.2.1 Выбор места отбора проб и контроля загрязнения

Выбор места отбора, а также первичной оценки проб воздуха проводят в предполагаемых зонах максимального загрязнения окружающей природной среды или непосредственно вблизи нахождения людей и других биообъектов, для которых данный выброс может оказаться вредным или опасным. [32]

В рабочей зоне пробы воздуха следует отбирать в местах постоянного или максимально длительного пребывания людей с учетом особенностей технологического процесса, количества (уровня) и физико-химических свойств, а также класса опасности и биологического действия выделяющихся химических загрязняющих веществ или физических факторов воздействия, температуры и влажности окружающей среды. Места для отбора пробы воздуха в рабочей зоне выбирают с учетом технологических операций, при которых возможно наибольшее выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ (рис.3.5).

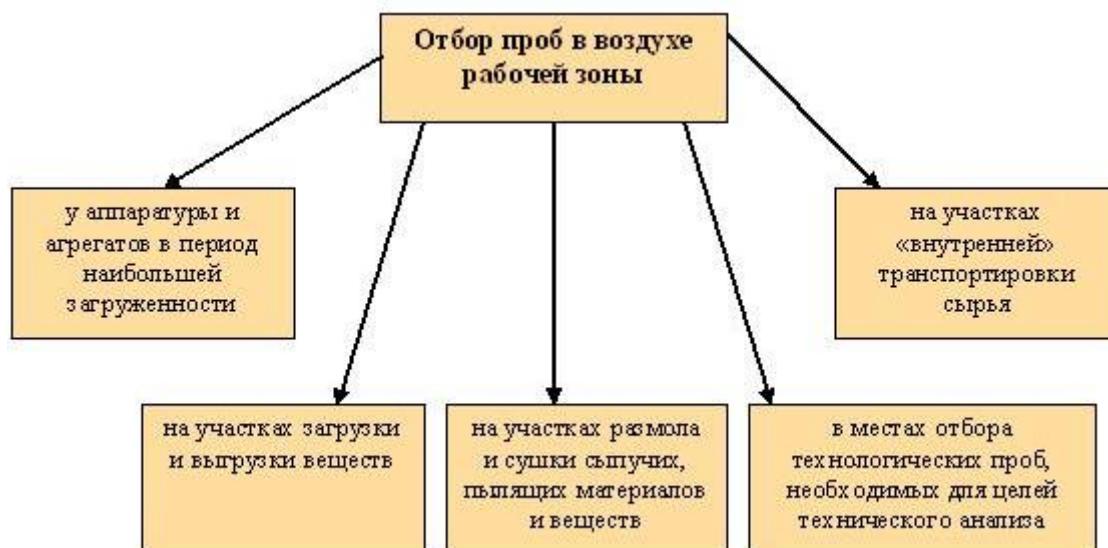


Рис. 3.5. Выбор места отбора пробы воздуха в рабочей зоне

При поиске точек отбора проб воды из поверхностных природных источников особенно внимательно надо обследовать притоки реки и возможные источники загрязнения выше по течению от предполагаемого места первичной оценки или пробоотбора. Место отбора проб сточных вод оценивается и выбирается только после подробного ознакомления с технологией производства, потреблением и сбросом воды, местоположением цехов объекта, системой его канализации, назначением и работой отдельных элементов систем очистки и т.д.[33].

При выборе мест отбора проб почвы и их первичной оценки обычно учитывают два главных параметра:

- 1) размер (площадь) «элементарного» участка, с которого отбирают смешанный почвенный образец, отражающий средний уровень загрязнения почвы;
- 2) «ключевой» участок, являющийся наименьшей геоморфологической единицей ландшафта, в достаточной мере отражающий генезис почвы [32].

В соответствии с целью анализа применяют разовый или серийный пробоотбор. При разовом отборе пробу берут один раз в определенном месте и рассматривают результат одного анализа. Этот способ применяется в редких случаях, когда результатов одного анализа достаточно для суждения о качестве исследуемой среды (при постоянстве ее свойств, например, в глубинных грунтовых водах или в случае первичных полевых оценок).

При анализе серии проб определяется изменение содержания наблюдаемых компонентов с учетом их места нахождения, времени отбора или обоих этих факторов. В результате получают соответствующее количество результатов, которые статистически обрабатывают и оценивают. Полученные результаты являются более правильными по сравнению с результатами разового отбора, а их точность зависит от числа проб в серии.

К серийному пробоотбору относят зональный пробоотбор (например, пробы воды отбирают с различных глубин по выбранному створу водоема); так называемые «согласованные пробы» (пробы отбирают в различных местах по течению реки или сточных вод с учетом времени прохождения воды от одного пункта до другого).

Пробы также подразделяются на простые и смешанные. Простую пробу получают путем однократного отбора всего требуемого количества образца анализируемой среды. Анализ простой пробы дает сведения о составе среды в данный момент в одном месте. Смешанную пробу получают, объединяя простые пробы, взятые в одном и том же месте через определенные промежутки времени или отобранные в разных местах обследуемого объекта. Равные части простых проб, взятых через равные промежутки времени, смешивают в таком количестве, чтобы окончательный объем смешанной пробы соответствовал требованиям анализа. Данный способ приготовления пробы пригоден в том случае, если все точки исследуемого объекта равнозначны, а его динамика равномерна.

Отбор проб воздуха проводится с использованием специальных поглотительных сосудов (многие из них названы именами их изобретателей: Зайцева, Яворского, Полежаева, Рихтера и др.), а также различного рода технических устройств - побудителей и измерителей расхода воздуха для активной дозиметрии (аспирации) и др.

Существует специальный ГОСТ 17.2.6.01-86, устанавливающий общие технические требования к приборам для отбора проб воздуха населенных пунктов. Аналитику, приступающему к отбору пробы воздуха, должно быть известно:

- 1) в каком агрегатном состоянии находится определяемое вещество в воздухе;
- 2) какие вещества сопутствуют ему;
- 3) кратковременно или непрерывно поступление основного токсического вещества в воздух.

Все это определяется ходом технологического процесса, который всегда должен приниматься во внимание при анализе производственной среды [34].

Отбор проб воздуха (табл.3.3) для определения содержания в нем очень малых концентраций токсического вещества производится большей частью аспирационным способом, основанным на протягивании известного объема воздуха через ту или иную поглотительную среду. Весьма быстрым и эффективным является отбор проб путем протягивания воздуха через псевдоожженный слой сорбента, благодаря активному перемешиванию последнего с газопаровой фазой. Небольшое сопротивление псевдоожженного слоя позволяет доводить скорость протягивания воздуха до 15-20 л/мин.

Таблица 3.3

Характеристика методов отбора проб воздуха

Методы пробоотбора воздуха	Физ. явление, положенное в основу метода	Преимущества метода	Недостатки метода
Аспирационный метод	Абсорбция, хемосорбция	Относительная простота; экономичность; возможность для последующего определения брать аликовтную часть поглотительного раствора.	Невысокие коэффициенты (степени) концентрирования и невозможность получения представительной пробы при одновременном наличии в воздухе паров анализируемых веществ и их аэрозолей.
Метод криогенного концентрирования	Вымораживание	Высокая эффективность; возможность извлечения таких примесей, которые при обычной температуре могут взаимодействовать с материалом ловушек, делая пробоотбор невыполнимым.	Возможна конденсация водяных паров, что может приводить к образованию в ловушках ледяных пробок.

Улавливание из воздуха аэрозолей имеет свои специфические особенности, связанные с тем, что они не поглощаются обычными сорбентами или жидкостными поглотителями. Для этих целей применяют различные устройства (электростатические ловушки, каскадные импакторы, циклоны и др.), позволяющие с высокой скоростью извлекать из воздуха аэрозоли и твердые частицы различных размеров. Для улавливания аэрозолей из загрязненного воздуха требуются аспираторы, обеспечивающие большие скорости (расходы) прокачивания воздуха через фильтры (10-40 л/мин). Для химического анализа аэрозолей предназначены фильтры АФА-ХП, изготовленные из трех видов ультратонких волокон.

После пробоотбора собранные на этих фильтрах вещества извлекают следующим образом [15]. Фильтр АФА-ХА (ацетилцеллюлоза) сжигают в смеси кислот; фильтр АФА-ХП (перхлорвинил) растворяют в кислоте, а фильтр АФА-ХС (полистирол) растворяют в щелочи.

Еще более эффективно примеси обычно с большим трудом улавливаемых органических суперэкотоксикантов удается извлекать с помощью метода криогенного концентрирования (КК). Отбор проб сводится к пропусканию воздуха через охлаждаемую ловушку (конденсатор) с достаточно большой («развитой») поверхностью поглощения (трубы со стекловатой). В качестве хладагентов используют жидкий азот или твердую углекислоту.

Отбор проб воды должен соответствовать требованиям ГОСТ 17.1.5.04-81. По режиму работы приборы и устройства пробоотбора подразделяют (как и средства анализа) на автоматические, полуавтоматические и ручные. В российской практике в настоящее время все еще используют в основном последние – их обычно осуществляют в специальные емкости (склянки) или приспособления (батометры), помещаемые в водный объект на определенную глубину.[32]

Способы и условия пробоотбора воды в зависимости от особенностей объекта также могут изменяться (табл.3.4).

Метод «конверта» является наиболее распространенным при отборе проб почвы. При этом из точек контролируемого «элементарного» участка берут пять образцов почвы [35]. Точки должны быть расположены так, чтобы мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта. Обычно при изучении почвы отбирают пробы гумусового горизонта с глубины около 20 см, что соответствует штыку лопаты. Из каждой точки отбирают около 1 кг, но не менее 0,5 кг почвы. Почвенные образцы упаковывают в полиэтиленовые или полотняные мешочки и прилагают к ним этикетки (сопроводительные талоны) [32].

Таблица 3.4

Рекомендации по отбору проб воды в зависимости от особенностей водного

Водный объект	Рекомендации по пробоотбору
Водоем (водохранилище, озеро или пруд)	Пробы рекомендуется отбирать из различных мест и разных глубин. Зональный пробоотбор должен осуществляться в максимально короткий промежуток времени
Водоисточники (родники, колодцы, скважины и дренажи)	Пробу воды берут над поверхностью воды, а если источник снабжен сливной трубой или желобом, непосредственно из них. Пробы воды из скважин отбирают глубинным пробоотборником с узким сечением. Отбор проб из колодцев лучше проводить в летнее время при сухой погоде, когда расход воды и ее обмен максимальны.
Атмосферные осадки (дождевая вода, снег), а также лед	Падающий снег улавливают также, как и дождевую воду, - в воронку или в широкую глубокую чашку, и затем отстаивают. Пробы снежного покрова отбирают из мест, где он лежит наиболее толстым слоем, образовавшимся естественным образом. При этом лопаткой снимают верхний слой, а затем наполняют снегом, взятым из нужного слоя, широкогорлую банку. При отборе проб льда берут куски из различных мест и очищают их со всех сторон чистым ножом или долотом, затем помещают в банку для пробы.
Искусственные источники (водопровод)	На водопроводных станциях пробы берут из выходной трубы насоса.
Искусственные резервуары	При отборе из резервуара пробу берут над поверхностью воды, учитывая то, что состав воды в нем неоднороден в различных слоях.
Сточные воды	Учитывая непостоянство состава сточных вод, проводят отбор средней смешанной пробы (за час, смену, сутки). Определяют суточный максимум и минимум количества сточных вод, а также суточное, недельное, месячное или годовое изменение качества воды. По мере надобности проводится взятие согласованных проб в различных местах течения сточной воды. Для обогащения следовых компонентов, содержащихся в воде, последнюю, как правило, пропускают через колонку с сорбентом. Сорбция в динамических условиях не требует сложной аппаратуры и обычно позволяет концентрировать определяемые вещества из больших количеств отбираемой воды прямо на месте пробоотбора.

3.2.2 Подготовка проб к анализу в лаборатории

Задачами подготовки проб к анализу в лаборатории являются: гомогенизация (достижение однородности пробы), обогащение пробы (ее концентрирование), удаление мешающих примесей (повышение селективности будущего анализа).

Гомогенизация пробы особенно важна для твердых (сыпучих) образцов проб и реже жидких. Она обеспечивает представительность анализа (воспроизведимость повторяемых результатов) и во многом технически облегчает количественный анализ. Гомогенизацию твердых образцов, как правило, осуществляют путем размола, дробления, диспергирования, измельчения, смешения и т.п.

Концентрирование осуществляют сублимацией твердых, дистилляцией (упариванием) жидких проб или экстрагированием из них анализируемого вещества. Наиболее универсальными и часто применяемыми методами концентрирования являются сорбция и экстракция (в особенности экстракция водой в субкритическом состоянии). Наиболее сложной средой, с точки зрения концентрирования отобранных из нее проб, является воздух.

При обычных условиях вода является слишком полярным растворителем для того, чтобы обеспечить высокую растворимость большинства органических загрязнителей. Однако при повышенной температуре наблюдается резкое снижение полярности, вязкости и поверхностного напряжения; при 250°C вода по своим физическим свойствам становится подобной метанолу или ацетонитрилу, что обеспечивает возможность значительного увеличения растворимости липофильных веществ.

Благодаря таким изменениям растворимость ПАУ и других гидрофобных веществ (диоксины, пестициды, ПХБ и др.) возрастает на 4-5 и более порядков при увеличении температуры с 25°C до 250°C. При этом становится возможным использование воды для эффективной экстракции органических липофильных экотоксикантов (к которым относятся диоксины), причем в отличие от суперкритических условий (374°C и 218 атм, можно работать при средних давлениях (при 250°C давление равновесного пара составляет около 40 атм). Кроме того, в субкритических условиях вода не обладает столь сильными коррозионными свойствами и не вызывает окисление образца [15]. Удаление примесей, как и концентрирование, возможно за счет разделения, селективной [экстракции](#), а также другими методами (хроматографированием, «маскированием» и т.д.).

3.2.3 Качественный и количественный анализы проб

Идентификация – это наиболее ответственный и самый трудный этап при определении загрязняющих веществ, поскольку неправильно проведенная идентификация (когда одно вещество выдается за другое) приводит к ошибкам, делающим бессмысленным весь дальнейший анализ. Главной характеристикой идентификации является ее достоверность, которую можно корректно оценить, лишь сравнив полученные результаты с известным (эталонным) составом смеси загрязнителей. В более сложных случаях, когда исследуется смесь загрязнений неизвестного состава, о степени надежности результатов идентификации можно судить только после ее анализа несколькими независимыми методами [15].

Выбор и применение методов количественного определения загрязняющих веществ направлены на достижение их максимальной чувствительности, точности, специфичности и воспроизведимости анализа, а также на упрощение техники измерений.

В РФ юридической силой обладают методы (методики), имеющие официальный статус, т.е. внесенные в какой-либо утвержденный государственным органом перечень или регламентирующий [нормативно-методический](#) (нормативно-технический) документ [32].

3.2.4 Обработка и оценка результатов контроля ОС

Результат анализа в аналитическом контроле дает ответ на вопрос, превышает ли найденная концентрация ЗВ предельно допустимую (ПДК, ОДУ и др.). При этом информация обычно выдается в виде интервальной оценки содержания вещества. Формирование доверительного интервала, характеризующего

степень достоверности (точность) результатов анализа, происходит путем суммирования погрешностей на всех стадиях технологического цикла экоаналитического контроля.

В обзоре [36] утверждается, что при общей погрешности анализа в 100% только 10% приходится на собственно определение, 30% на пробоподготовку и 60% на пробоотбор. Следовательно, снижение уровня погрешности при пробоотборе является главной предпосылкой для получения надежных данных при осуществлении экомониторинга (рис.3.5).



Рис. 3.6. Критерии «успешного» пробоотбора воздуха

Качество эколого-аналитической информации определяется прежде всего тем, насколько эффективны, точны и сравнимы между собой методы отбора проб и анализа природных объектов. Обнаружение статистических отклонений обычно сводится к выявлению этапов с максимальной погрешностью и разделению общей точности на отдельные составляющие. Способы оценки случайных погрешностей весьма разнообразны, хотя в основе большинства из них используются методы математической статистики.

3.3 Химические и физико-химические методы контроля состояния компонентов окружающей сред

Все многообразие встречающихся в аналитической практике процессов может быть сведено к нескольким видам взаимодействий: химические реакции, электрохимические реакции и взаимодействия, взаимодействие с электромагнитным излучением и потоками частиц и термическое взаимодействие. Принципы анализа и некоторые методы контроля представлены на рис. 3.7.

Следует отметить, что из более, чем 150 аналитических методов в экологической диагностике используются наиболее эффективные и надежные методики, к которым относятся некоторые хроматографические, химические и спектральные методы и электрохимия. Данные методики охватывают весь спектр загрязнений воздуха, воды, почвы, донных отложений и растительности - от газов и паров до твердых частиц и аэрозолей.

Спектральный анализ - физический метод качественного и количественного определения атомного и молекулярного состава вещества, основанный на исследовании его спектров. Методы спектрального анализа широко используются при контроле загрязнения окружающей природной среды.

Рис. 3.7. Электромагнитный спектр и методы анализа, основанные на взаимодействиях с электромагнитным или корпускулярным излучением

Атомный спектральный анализ определяет элементный состав образца по атомным (ионным) спектрам испускания и поглощения.

Молекулярный спектральный анализ определяет молекулярный состав вещества по молекулярным спектрам поглощения.

Эмиссионный спектральный анализ производят по спектрам испускания атомов, ионов и молекул (оптические и рентгеновские спектры), возбужденным различными источниками электромагнитного излучения в диапазоне от УФ-излучения до микроволнового. Этот метод дает возможность определять элементный состав вещества.

Абсорбционный спектральный анализ осуществляют по спектрам поглощения электромагнитного излучения анализируемыми объектами (атомами, молекулами, ионами вещества), находящимися в различных агрегатных состояниях. Абсорбционный спектральный анализ включает спектрофотометрический и колориметрический методы анализа.

Кроме того, для определения качественного и количественного состава загрязнений, а также в качестве вспомогательных часто используются методы разделения, основанные на распределительном и адсорбционном равновесиях. К этим методам относятся хроматографические методы - жидкостная и газовая хроматография.

Комплексная покомпонентная классификация средств аналитического контроля, используемых в экологической диагностике, приведена в табл. 3.5. Наиболее широко используемые методы будут рассмотрены в данном разделе.

3.3.1 Молекулярная спектроскопия

При взаимодействии молекул с электромагнитным излучением реализуются разнообразные возможности возбуждения их внутренней энергии. Особенно важны переходы, при которых изменяются величина или направление дипольного электрического момента рассматриваемой молекулы. Сюда относятся вращение, колебания и электронное возбуждение. Переходы, связанные с изменением магнитных моментов электронов или ядер, относятся к области спектроскопии магнитного резонанса. При достаточно высоких энергиях возбуждения наступает ионизация и диссоциация. Исследование переноса ионизированных частиц и их фрагментов составляет предмет масс-спектроскопии.

Таблица 3.5

Комплексная покомпонентная классификация средств эколого-аналитического контроля

Контролируемая среда	Особенности (категории) природных сред	Метод	Определяемое вещество (класс, группа)
Газы (атмосферный воздух и др.)	Природная атмосфера, воздух населенных мест, воздух рабочей зоны, промывбросы и т.д.	Хроматография (ГХ, ЖХ, ГЖХ, ТСХ, КХ) Фотометрия	Азота оксиды Амины и аммиак Ацетон и другие кетоны Бензапирены Бензин и другие нефтепродукты Бензол и другая ароматика Дихлорэтан и другие ХОС Диоксины и ПХБФ Кислоты Меркаптаны, сульфиды Мышьяк, селен, теллур Озон, перекиси и другие окислители Ртуть, свинец и олово Тяжелые металлы
Жидкости (воды и др.)	Природные воды суши, морские воды и отложения, воды рыбохозяйственных водоемов, питьевые и хозяйственные воды, сточные воды и др.	Спектрометрия (AAC, AЭС, УФ, ИК и т.д.) Люминометрия Электрохимия Титриметрия	
Твердые (сыпучие) тела	Почвы, пыль, порошки, твердые поверхности	Турбидиметрия	
Биосреды (биообъекты)	Биосубстраты животных и растений, внутренняя среда человеческого организма, продукты питания животного происхождения	Нефелометрия Биохимический-ферментативный метод Биоиндикация Радиометрия	

Под общим понятием оптической молекулярной спектроскопии часто объединяют электронную и колебательную спектроскопию, использующую преимущественно абсорбционные спектроскопические методы в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях.

Таким образом, к методам молекулярной спектроскопии могут быть отнесены:

- вращательная и колебательная спектроскопии, включая микроволновую и инфракрасную спектроскопии и спектроскопию комбинационного рассеяния;
- электронная спектроскопия, включая спектроскопию в УФ и видимом свете, спектрофотометрию и флуоресцентную спектроскопию;
- спектроскопия магнитного резонанса, включая спектроскопию электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса;
- масс-спектроскопия.

Рассмотрим подробнее те методы молекулярной спектроскопии, которые чаще всего применяются в экологической диагностике для обнаружения низких концентраций экотоксикантов.

1. Методы электронной спектроскопии

К данной группе методов относятся оптическая, УФ-спектроскопия, спектрофотометрия и флуоресцентная спектроскопия. Методы оптической спектроскопии и люминесценции применяются для определения низких содержаний ионов металлов, концентраций нефтепродуктов и ПАВ в разных средах.

Люминесцентные методы основаны на явлении люминесценции, т.е. свойстве атомов и молекул выделять поглощенную ими энергию в виде потока квантов. Это явление имеет следующее теоретическое объяснение. Энергия любой молекулы или атома, находящихся в нормальном, равновесном состоянии, характеризуется определенным энергетическим уровнем. При облучении светом молекула поглощает часть энергии и в результате этого переходит на новый энергетический уровень. После снятия облучения молекула самопроизвольно возвращается на прежний уровень, испуская при этом поглощенную порцию энергии.

Это и вызывает свечение - люминесценцию. Из-за сложности своего строения молекула поглощает и испускает кванты энергии не одной определенной длины волны, а в некотором их интервале. Совокупность длин волн, вызывающих свечение вещества, называется спектром возбуждения. Молекулы обладают и спектром излучения, под которым понимается совокупность длин волн энергии, излучаемой люминесцирующим веществом. Иными словами, спектры возбуждения и излучения определяют границы активного поглощения и излучения, приводящего к возникновению свечения.

Каждое вещество имеет свои характерные спектры излучения, которые отличаются шириной и положением максимума интенсивности, что определяет цвет и интенсивность свечения. Меняя длину волны падающего света, можно найти ту область облучения, при которой начнут люминесцировать молекулы интересующего компонента исследуемой системы. Это позволяет применять люминесценцию для качественного анализа, который чаще всего основывается на самом факте возникновения или исчезновения свечения.

Для количественного анализа используют зависимость интенсивности свечения от концентрации в растворе анализируемого вещества. Однако эта зависимость имеет линейный характер только при малых концентрациях (до 10^{-7} - 10^{-4} моль/л), что и определяет верхнюю границу диапазона измерений.

Сравнительно немногие вещества обладают люминесцентными свойствами в чистом виде. Однако номенклатура анализируемых этим методом веществ значительна за счет применения специальных реагентов, переводящих определяемый компонент в соединение, обладающее этим свойством.

Приборы, основанные на люминесцентном методе измерения, называются флуориметрами. Их устройство аналогично спектрофотометрам. Одним из главных преимуществ люминесцентного метода анализа является высокая чувствительность (около $0,01$ млн $^{-1}$). Погрешность измерения составляет от одного до нескольких процентов. Для флуориметров характерны те же источники погрешности, что и для спектрофотометров. Но имеются и специфические погрешности, связанные с интенсивностью свечения, влиянием температуры и сопутствующих веществ, в том числе растворителя. На интенсивность свечения влияет кислотность среды [37].

Фотометрические методы (фотоколориметрия и спектрофотометрия) широко применялись в 30 - 50-е годы, разработанные методики до сих пор имеют официальный статус и приведены сборниках методических указаний по определению загрязняющих веществ.

Методы эти отличаются универсальностью, высокой чувствительностью и точностью. В настоящее время разработаны фотометрические методы (в значительном большинстве прямые) определения практически всех элементов, за исключением благородных газов. Определение элементов можно проводить в очень широком интервале концентрации компонентов пробы: от макроколичеств - 50-1% (в основном дифференциальным методом) до микроколичеств - порядка 10^{-6} — 10^{-8} %. Причем по точности фотометрические методы превосходят многие другие инструментальные методы.

К перечисленным преимуществам фотометрии следует добавить ее доступность. Средний фотоэлектроколориметр - основной прибор фотометрии - в настоящее время относительно дешев, его стоимость значительно ниже стоимости приборов, необходимых для многих других инструментальных методов анализа [38].

В зависимости от аппаратуры в фотометрическом анализе различают спектрофотометрический и фотоколориметрический методы. В спектрофотометрии используют монохроматический свет, в фотоколориметрии - полихроматический. Оба метода основаны на общем принципе - существовании пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества.

При прохождении светового потока через раствор вещества, поглощающего световое излучение, интенсивность светового потока изменяется. Часть его отражается, часть проходит через слой вещества, часть поглощается. Связь между интенсивностями падающего света (I_0), светового потока, прошедшего через поглощающую среду (I) и концентрацией вещества в поглощающем растворе (c) описывается законом Бугера-Ламберта-Бера, физический смысл которого можно выразить следующим образом: растворы одного и того же окрашенного вещества при одинаковой концентрации этого вещества и толщине слоя раствора поглощают равное количество световой энергии, т.е. светопоглощение таких растворов одинаковое.

$$I = I_0 10^{-\epsilon cl}$$

где c - концентрация вещества (г/моль л), l - толщина слоя (мм), ϵ - молярный коэффициент поглощения (экстинкция).

Если прологарифмировать уравнение закона Бера и изменить знаки на обратные, то уравнение принимает вид:

$$\lg(I_0/I) = \epsilon cl$$

Величина $\lg(I_0/I)$ является очень важной характеристикой окрашенного раствора; ее называют оптической плотностью раствора и обозначают буквой D :

$$D = \lg(I_0/I) = \epsilon cl$$

Из этого уравнения вытекает, что оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации окрашенного вещества и толщине слоя раствора.

Другими словами, при одинаковой толщине слоя раствора данного вещества оптическая плотность этого раствора будет тем больше, чем больше в нем содержится окрашенного вещества. Или, наоборот, при одной и той же концентрации данного окрашенного вещества оптическая плотность раствора зависит только от толщины его слоя. Отсюда может быть сделан следующий вывод: если два раствора одного и того же окрашенного вещества имеют различную концентрацию, одинаковая интенсивность окраски этих растворов будет достигнута при толщинах их слоев, обратно пропорциональных концентрациям растворов. Этот вывод очень важен, так как на нем основаны некоторые методы колориметрического анализа.

Таким образом, чтобы определить концентрацию (C) окрашенного раствора, необходимо измерить его оптическую плотность (D). Чтобы измерить оптическую плотность, следует измерить интенсивность светового потока [39].

2. Вращательная и колебательная спектроскопии

ИК-спектроскопия исследует колебательные и вращательные переходы в молекулах. Из спектров можно получить качественную структурную информацию о строении, конфигурации и конформации молекул, нередко они служат для идентификации и позволяют анализировать смеси количественно. Спектры как правило изучают, измеряя пропускание, причем пробы могут находиться в газообразном, жидком, растворенном или суспендированном состоянии в прозрачных кварцевых кюветах или в твердом виде - в таблетках или пленках на основе KBr.

Анализ по спектрам комбинационного рассеяния (КР) света, основанный на явлении, открытом одновременно советскими физиками Г.С. Ландсбергом и Л.И. Мандельштамом и индийским физиком Ч.В. Раманом. Это явление, обуславливаемое молекулярной структурой исследуемого вещества, сопровождается изменением длины волны рассеиваемого данной средой света. Если в ИК-спектре можно наблюдать только колебательные переходы, связанные с изменением дипольного момента молекулы, то в спектре КР проявляются лишь те линии, которые соответствуют колебаниям при изменении поляризуемости молекулы. Структурная информация, получаемая в обоих случаях, дополняет другую. Совокупность этих методов особенно эффективна при исследовании молекул, имеющих центр симметрии.

3. Спектроскопия магнитного резонанса

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) является методом анализа и исследования структуры вещества, в основе которого лежит резонансное поглощение электромагнитных волн веществом в постоянном магнитном поле, обусловленное ядерным магнетизмом (Бранд, Эглинтон, 1967). Регистрируемый спектр содержит информацию трех видов. Расположение и высота пиков свидетельствует о молекулярном окружении отдельных ядер, о числе ядер в данном окружении, которые также могут участвовать в резонансе, и о природе ближайшего окружения. Спектр содержит информацию, позволяющую судить о структуре как простых, так и сложных молекул и является мощным инструментом многопланового изучения многообразных систем [37].

4. Масс-спектроскопия

Метод основан на измерении важнейшей характеристики вещества - массы его молекул или атомов. Это дает возможность определять состав газообразных, жидких и твердых веществ независимо от их физических и химических свойств. Метод является одним из наиболее совершенных универсальных современных методов анализа. К преимуществам метода относится возможность определения многих компонентов сложных смесей; для анализа требуется очень малое количество анализируемого вещества; достаточно высокая скорость проведения анализа и высокая чувствительность (до 0,001 %).

В основе метода лежит свойство заряженных частиц - ионов вещества менять направление или скорость своего движения в электрическом или магнитном полях в зависимости от отношения массы частицы к ее заряду. Метод заключается в переводе образцов твердых и жидких сред в газообразные; переводе молекул анализируемого вещества в положительные ионы и формирование ионного пучка; разделении ионного пучка по массам в магнитном или электрическом поле; улавливании ионов, раздельном измерении и регистрации ионных токов каждой составляющей ионного пучка.

Распределение ионов по массам на пучки и их относительные интенсивности образуют масс-спектр, из которого получают различную информацию о молекулах веществ, введенных в прибор. По относительной интенсивности каждого выделенного пучка определяют концентрации компонентов анализируемой смеси. Изучение масс-спектров позволяет определить точные формулы молекул и молекулярные массы.

3.3.2 Газовая и жидкостная хроматография

Данный метод анализа был открыт в 1903 году русским ученым [Цветом М. С.](#) и получил широкое распространение благодаря простоте, удобству и большой эффективности. Он ценен для всех областей знаний, связанных с изучением химических соединений и их реакций.

Используя этот метод, разделяют сложные смеси на компоненты; определяют идентичность и однородность химических соединений; проводят количественное определение одного или нескольких компонентов сложной смеси; определяют молекулярную структуру; получают чистые вещества [37].

Начиная с 60-х годов XX века, на основе газовой хроматографии было разработано множество методик контроля содержания загрязняющих веществ в объектах окружающей среды. Особые достоинства газовой хроматографии (способность разделять сложные и многокомпонентные смеси химических веществ, состоящие из 100-300 и более индивидуальных соединений) сделали этот метод широко распространенным

в экологической аналитической химии, особенно при анализе органических загрязнений воздуха, воды и почвы. Газовая хроматография в сочетании с масс-спектроскопией оказалась наиболее эффективным методом определения в природной среде **диоксинов** и родственных им соединений.

Процесс хроматографического разделения основан на сорбции - поглощении веществ твердой поверхностью (адсорбция) или растворении газов и жидкостей в жидких растворителях (абсорбция). В основе метода лежат различия в распределении веществ между двумя фазами, из которых одна фаза является подвижной, а вторая - неподвижной. В классической газовой хроматографии компоненты смеси переносятся подвижной фазой вдоль колонки, заполненной частицами твердого носителя, которые покрыты неподвижной фазой.

Необходимо уточнить ряд вопросов терминологии, используемой в классификации хроматографических методов. В самом простейшем случае под термином «газовая хроматография» подразумевается метод анализа, когда разделение смеси веществ в хроматографической колонке осуществляется в потоке газа (газа-носителя), непрерывно пропускаемого через колонку. Газоадсорбционная (разделение на адсорбенте - угле, силикагеле или оксида алюминия) и газо-жидкостная (разделение на сорбенте - твердом носителе, покрытом жидкостью - неподвижной жидкой фазой) - это все варианты газовой хроматографии.

Если же в качестве подвижной фазы через разделительную вместо газа непрерывно пропускают поток растворителя, то хроматографию называют жидкостной адсорбционной. Тонкослойная хроматография является одним из видов жидкостной хроматографии, в которой подвижная фаза (элюент) движется в пористой среде плоского слоя адсорбента. Роль «хроматографической колонки» при этом играет пластина, на которую нанесен тонкий слой адсорбента. Еще одна разновидность жидкостной хроматографии - ионная хроматография (разделение сложной смеси электролитов в разбавленном растворе). В основе метода лежит ионный обмен между двумя контактирующими фазами - раствором электролита (соли) и ионитом (сорбентом).

3.3.3 Анализ атомных спектров

В последние десятилетия получили распространение ядерно-физические методы анализа объектов окружающей среды - рентгеновская эмиссионная и флуоресцентная спектроскопия, активационный анализ, атомно-абсорбционная спектроскопия и атомно-флуоресцентная спектроскопия.

В **рентгеновском флуоресцентном анализе** используют рентгеновские спектры элементов. Для получения спектра в качестве диспергирующего элемента применяют кристаллы или дифракционные решетки. Рентгеновское возбуждение атомов вещества достигается бомбардировкой образца электронами больших энергий или облучением его рентгеновскими лучами. Электронная бомбардировка приводит к появлению не только характеристического спектра элемента, но и достаточно интенсивного флуоресцентного излучения.

Активационный анализ основан на облучении исследуемых веществ ионизирующим излучением и последующем анализе образующихся радионуклидов на спектрометрах излучений. Наиболее распространенный нейтронно-активационный анализ используют для определения элементов в различных средах, в том числе и в объектах природной среды, а также в выбросах промышленных предприятий и дымовых факелах.

С помощью **атомно-абсорбционной спектроскопии** измеряют резонансное поглощение излучения определенной длины волны. Основой служит закон излучения Кирхгофа, согласно которому элемент поглощает излучение той же длины волны, которое он испускает в возбужденном состоянии. Доля поглощенного излучения пропорциональна концентрации данного элемента. Атомно-абсорбционная спектроскопия отличается высокой селективностью и чувствительностью. Поэтому ее преимущественно применяют для анализа следов, главным образом неорганических веществ. Широкое применение она получила в клинической и судебно-медицинской практике, анализе пищевых продуктов и окружающей среды.

Под **атомной флуоресценцией** понимают дезактивацию состояний атомов, возбужденных за счет поглощения излучения; эта дезактивация сопровождается излучением. Следовательно, она представляет собой процесс, обратный атомной абсорбции. Область применения атомной флуоресцентной спектроскопии в общем та же, что и абсорбционной. Сравнительно высокие расходы на приборы окупаются большей чувствительностью по отношению ко многим элементам.

3.3.4 Методы, основанные на электрохимических реакциях

Электрохимические методы анализа основаны на зависимости электрохимических свойств анализируемых сред от их состава. Величинами, которые могут быть использованы для измерений, являются: *напряжение, потенциал, сила тока, сопротивление, проводимость, емкость, диэлектрическая проницаемость* и др.

Теоретические основы этих методов состоят в следующем. Молекулы воды можно представить в виде тетраэдра, четыре угла которого являются местами сосредоточения заряда. Два таких места заняты атомами водорода, несущими положительный заряд, два других занимают электронные пары кислорода. Последние участвуют в образовании водородных связей с двумя соседними молекулами воды. Благодаря этому, молекулы воды связаны между собой в комплексы. Эти связи носят в основном электростатический характер. Из-за этого молекула воды является диполем.

Введение в воду ионов приводит к тому, что электростатические взаимодействия между ионами и диполями воды становятся в несколько раз сильнее, чем взаимодействие между молекулами воды. Поэтому присутствие ионов существенно влияет на структуру растворителя: молекулы воды, находящиеся около ионов, будут в значительной степени ориентированы. Благодаря этому вода, содержащая некоторые вещества, приобретает определенные электрохимические свойства, показатели которых зависят от концентрации в растворе ионов растворенного вещества. Такой раствор называется электролитом.

В электролите за счет сил взаимного притяжения каждый ион как бы окружен шарообразным раем противоположно заряженных ионов. Если в раствор опустить электроды, соединенные с источником электрического тока, то разноименно заряженные ионы начинают перемещаться к соответствующим электродам. При этом окружающая ион атмосфера тянет его обратно, замедляя тем самым движение и, следовательно, уменьшая количество ионов, проходящих через раствор в единицу времени, т.е. силу тока. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее проявляются эти тормозящие силы, тем меньше будет электропроводность раствора.

Поэтому при изменении электропроводности раствора получается несколько заниженное против действительного значение концентрации, которую оценивают активностью, т.е. молярной концентрацией вещества в растворе, умноженной на так называемый коэффициент активности. Поскольку этот коэффициент близок к единице, во многих случаях при анализе концентрации электрохимическими методами активностями можно пренебречь и говорить непосредственно о концентрациях. Такое упрощение оправдано в тех случаях, когда это допускают либо заданная погрешность измерения, либо градуировки прибора [37].

Электрохимические методы делятся на прямые и косвенные. В прямых методах используют зависимость силы тока (потенциал и т.д.) от концентрации определяемого компонента; в косвенных методах силу тока (потенциал и т.д.) измеряют с целью нахождения конечной точки титрования определяемого компонента подходящим титрантом, то есть используют зависимость измеряемого параметра от объема титранта.

Электрохимические методы позволяют определять низкие содержания (на уровне ПДК) многих органических и неорганических загрязняющих веществ в компонентах биосферы.

3.3.5 Химические и биохимические методы анализа

Помимо различных методов инструментального анализа для определения загрязняющих веществ в компонентах экосистем применяют также химические и биохимические методы, основанные на изучении закономерностей протекания химических, ферментативных и иммунохимических реакций.

Химические принципы анализа основываются на исследовании хода химических реакций, продукте реакции и связанных с этим изменений состояния. Эти исследования должны поставлять информацию о природе и количестве составных частей пробы. Измеряемые при этом величины перечислены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Величины и единицы измерения	Функциональная зависимость	Примечание
Масса m , г	$P = cRT$	Универсальн. газов. постоянная $R=8,314 \cdot 10^3$ Па л моль ⁻¹ К ⁻¹
Объем V , л		
Давление P , Па		
Число молей, n	$N = n \cdot N_A$	Число Авогадро $N_A=6,0223 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Концентрация c , моль/л		
Изменение концентрации, x , моль/л	$x = C^0 - C$	C^0 - начальная концентрация при $t=0$
Скорость реакции v , моль л ⁻¹ с ⁻¹	$v = dc / dt$	
Константа скорости K_n моль ¹⁻ⁿ л ¹⁻ⁿ с ⁻¹	$k_n = \frac{1}{(n-1)t} \left(\frac{1}{c^{n-1}} - \frac{1}{(c^0)^{n-1}} \right)$	
Порядок реакции n , 1	$n = \sum n_i$	n_i - показатели концентраций в кинетическом уравнении
Время реакции t , с Период полупревращения $T_{1/2}$, с	$\tau_{1/2} = \frac{2^{n-1} - 1}{(n-1)k_n (c^0)^{n-1}}$	Время за которое $c=c_0/2$

Химические реакции дают возможность непосредственно определять количества веществ. Для того чтобы химическая реакция была пригодна для получения аналитической информации, необходимо выполнение следующих условий:

- 1) однозначность хода реакции;
- 2) полнота взаимодействия;
- 3) достаточно высокая скорость реакции.

Для ионных реакций последнее требование выполняется всегда, для окислительно-восстановительных реакций (реакции обмена электронов) - большей частью. Напротив, молекулярные реакции, как правило, протекают медленно и для аналитических целей применимы не столь широко, как реакции двух названных типов. Возможность получения информации о природе и количествах составных частей вещественной системы на основе химических реакций и вытекающие отсюда принципы анализа представлены на рис. 3.8.

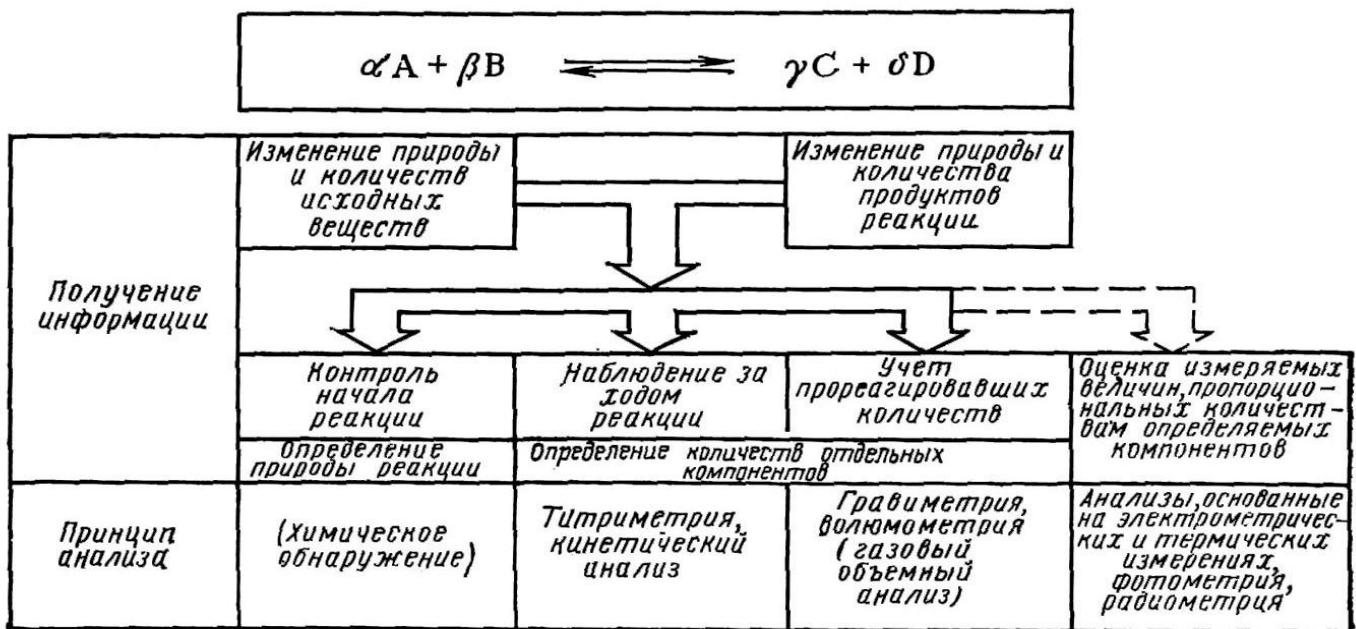


Рис. 3.8. Химическая реакция как источник аналитической информации

Предел обнаружения биохимических методов очень высок - в отдельных случаях удается определять исследуемые соединения на уровне 10^{-16} моль и меньше. Основная сфера применения ферментативных и иммунохимических методов ограничивается веществами, угнетающими ферментные системы и вызывающими в живом организме образование антител. К этой сфере относится большинство токсикантов.

Ферментативные методы основаны на измерении скорости индикаторной каталитической реакции в присутствии различных количеств определяемых веществ. При этом необходимо знать специфичность ферментов по отношению к исследуемым компонентам в условиях, близких к условиям проведения анализа. Скорость ферментативной реакции зависит от природы субстрата и фермента, температуры, состава среды и др.

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 3

1. Охарактеризуйте (перечислите) основные процедуры экоаналитического контроля. Что представляет собой технологический цикл экоаналитического контроля?
2. Какие параметры необходимо учитывать при отборе проб воздуха в рабочей зоне?
3. Как оценивается и выбирается место отбора проб сточных вод?
4. Какие параметры учитываются при выборе места отбора проб почвы?
5. Какие устройства применяются при отборе проб воздуха? Что необходимо учитывать при отборе проб воздуха?
6. Какой наиболее распространенный метод отбора проб воздуха? Опишите его.
7. Каким способом обрабатываются и оцениваются результаты контроля ОС?
8. Что такое аэрозоли?
9. Охарактеризуйте основные стадии миграции загрязнений антропогенного происхождения в природных средах.
10. Какие соединения обнаруживают в отходах ЦБК? Чем опасны диоксины для организма человека?
11. Перечислите достоинства атомно-абсорбционной спектроскопии. В чем отличие атомно-абсорбционной спектроскопии от атомно-эмиссионной спектроскопии?
12. Что измеряют неорелометрическим и турбодиметрическим методами?

13. Какое название имеет хроматография, в которой подвижной фазой служит жидкость? Как классифицируется данная хроматография в зависимости от агрегатного состояния неподвижной фазы?
14. Перечислите главные источники загрязнения атмосферы химическими веществами. Где регистрируются наиболее высокие концентрации диоксида серы?
15. Что такое СОЗ? Какие вещества относятся к СОЗ?
16. Перечислите приоритетные загрязнители в почвах.
17. На каком свойстве ионов основан масс-спектрометрический метод газов? Какие загрязнители можно определить с помощью данного метода?

ЛИТЕРАТУРА

1. Josephson J. // Environ. Sci. Technol. 1983. Vol. 17, N 3, P 124A-128A.
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. Москва, 1996, 319 с.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебник для вузов. - М.:ЮНИТИ, 1998.- 455с.
4. Дутчак С.В., Павлова Н.К., Шаталов В.Е., Вулых Н.К.// Полихлорированные бифенилы. Супертоксианты XXI века. Выпуск №5. Москва, ВИНИТИ, 2000. С. 158-181.
5. Jobb B., Uza M., Husinger R. et al.// Chemosphere.1990. Vol.20. N10/12. P.1553-1558.
6. Еремеева А.О. // Журнал экологической химии. 1995 Т. 4, N2. С. 141-149.
7. Ливанов Г.А., Худолей В.В., Колбасов С.Е. // Полихлорированные бифенилы. Супертоксианты XXI века. Выпуск №5. Москва, ВИНИТИ, 2000. С.70-80.
8. Леонов А.В., Пищальник В.М. Биотрансформация органогенных веществ и нефтяных углеводородов в водах залива Анива: оценка с помощью математического моделирования. Водные ресурсы, 2003, Т. 30, N.5, С.616-632.
9. Никитин В.А., Коноплев А.В., Самсонов Д.П., Хомушко Г.В., Черник Г.В., Рычков А.М.// Полиароматические углеводороды в атмосфере дальневосточной российской Арктики.- Метеорология и гидрология, 2006, №4, С. 70-7.
10. Тяжелые металлы: Трансграничное загрязнение окружающей среды. Информационный отчет. МСЦ-В, КХЦ, 2003.N2, C48. <http://www.msceast.org/Russian/>
11. Шаталов В., Маланичев А., Дутчак С. Распространение стойких органических загрязнителей в европейском регионе и Северном полушарии. Информационный обзор ЕМЕП, 2002. N4. с 47. <http://www.msceast.org/Russian/publications.html>
12. Манцева Е., Маланичев А., Вулых Н. Полиароматические углеводороды в окружающей среде. Техническая записка. МСЦ-В, 2000. N9. с94. <http://www.msceast.org/Russian/publications.html>
13. Астафьева Л.С. Экологическая химия. М. Изд. Центр Академия, 2006, 224 с.
14. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004,323 с.
15. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. М.; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 528 с.
16. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды химическими веществами и экологически обусловленные изменения состояния здоровья населения в городах России// Материалы Всероссийской конференции по экологической безопасности// Москва, 4,5 июня 2002 года.
17. Ревич Б.А., Быков АА. Оценка смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна // Проблемы прогнозирования. 1998. №3, С.
18. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду .-М.-2002. -408с.

19. Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Клюев Н.А., Бродский Е.С., Липченко Ю.Н., Музуров И.В., Зейлерт В.Ю. Диоксины в окружающей среде, в крови и грудном молоке жителей города Чапаевска // Гигиена и санитария, 2001, №6, С.6 - 11.
20. Уральшин А.Г. Изучение состояния здоровья населения и репродуктивной функции женщин в связи с влиянием факторов окружающей среды г. Карабаш. Отчет. Челябинск, 1993, 162 с.
21. Goncharov N.P., Nizhnik A.N., Dobracheva A.D, all. // Organohalogen Compounds. - 1999. - Vol.42. - PP.61 - 65.
22. Чуканин Н.Н., Васильев В.И. Окружающая среда и периферическая красная кровь// Экология и здоровье детей. 1998, С 285-309.
23. Юрченко В.В., Сычева Л.П., Ревазова Ю.А., Ревич Б.А., Журков В.С. Анализ частоты микроядер и ядерных аномалий в эпителиальных клетках слизистой щеки у женщин, контактирующих с диоксинами // Токсикологический вестник, 2000, №3. С.2 - 6
24. Быков А.А., Ревич Б.А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России.// Методика труда и промышленная экология. 2001, №5, С 6-10.
25. Дьячков М.П., Ефимов Н.В. Оценка риска для здоровья детей при воздействии метилированной ртутью.// Гигиена и санитария, 2001, №2, С 49-51.
26. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир, 1997. 232 с.
27. Засыпкин М.Ю. Современные подходы к решению проблемы бесплодия среди населения городов с развитой химической промышленностью. Автореферат дис. канд. мед. наук, Москва, 1995.
28. Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты, 1984 г. Кольский филиал АН СССР. Сборник статей.- с. 26-34.
29. Лукина Н.В, Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М.: Наука, 2005. - 245с.
30. Куций В.Г., Астронов Н.С., Вовк А.В. Аналитическая химия природных и сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. М., Стройиздат, 1998, С. 5-14.
31. М.Хенце, П.Армозс, Й.Ля-Кур-Янсен, Э.Арван. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2004. - 480с.
32. Меньшиков В.В., Швыряев И.А. Проблемы анализа риска для населения и окружающей среды при загрязнении атмосферного воздуха- М.: Изд-во МГУ,2004.- 202 с
33. Унифицированные методы анализа вод/ Под.общ.ред. Ю.Ю.Лурье. -М.:Химия,1971
34. Е.Л.Перегуд, Е.В. Гернет Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Изд.3-е, испр.Л., «Химия», 1973
35. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:Изд-во МГУ, 1970.
36. Кузьмин Н.М. - Журн.аналит.химии, 1999, т.54, №9, СС.902-908.
37. Бегунов А.А., Конопелько Л.А. Физико-химические измерения состава и свойств материалов и веществ/Учебное пособие. М.:Изд-во стандартов, 1984. - 144с.
38. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М.: «Мир», 1971.- 501с
39. КрещковА.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Количественный анализ, книга вторая, изд.4-е, перераб.М.: «Химия», 1976.-480с.

ГЛАВА 4 БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

Становление биомониторинга. Гомеостаз как свойство сохранения внутренних параметров системы. Биомониторинг - процесс отслеживания изменений в параметрах биологической системы. Требования, необходимые при сборе информации. Инструменты, используемые при проведении биомониторинга. Биоиндикаторы. Биомаркеры. Изменение параметров тестового организма во времени при взаимодействии с повреждающим агентом. Применение биоиндикаторов и биомаркеров при интегральной оценке здоровья человека. Влияние неблагоприятных внешних факторов на здоровье человека. Контроль, оценка, прогноз и управление ответными реакциями организма человека. Индикаторы здоровья. Мониторинг и экспресс-оценка функциональных систем организма человека в экологически неблагоприятной среде. Статистический анализ заболеваемости населения

4.1 Общий взгляд на биомониторинг

При всем разнообразии подходов к оценке качества среды обитания для всего многообразия живых существ ее населяющих, неизбежно оказывается, что комфортность существования человека и его здоровье оказываются в конечном счете главной причиной этих забот.

Аналитические методы контроля, подразумевающие использование физико-химической, химической и физической техники контроля за качеством воды, воздуха и почвы, которые были рассмотрены в предыдущей главе, получили первоочередное развитие в разнообразных способах слежения за качеством окружающей среды.

Как результат технологических успехов в аналитическом приборостроении, были достигнуты значительные успехи в создании чувствительных, селективных и точных инструментов, способных обнаруживать токсикант в концентрации намного ниже эмпирически найденной нормы, известной как ПДК.

В каких логических рамках функционирует такой "аналитический" подход? Ответ на этот вопрос дает рассмотрение примерного перечня тех вопросов, которые перечислены ниже по пунктам, и на которые должно ответить чисто аналитическое исследование:

1. Основные загрязнители окружающей среды;
2. Максимально допустимый уровень данного загрязнителя;
3. Действие данного загрязнителя на органы;
4. Источники, из которых эти загрязнители могут попасть к человеку.

Этот, безусловно, примерный перечень дает, тем не менее, ясное представление о том подходе к проблеме интоксикации человеческого организма и его источниках, как это видится с точки зрения химика-аналитика. Казалось бы физико-химические и химические методы контроля вполне достаточны, чтоб держать под контролем ситуацию.

В табл. 4.1 [1] приведены слева направо: некоторые основные загрязнители окружающей среды, их максимально допустимый уровень, их действие на органы, а также источники, из которых загрязнители могут попасть к человеку.

Данная таблица может быть расширена многократно, но и тот набор токсикантов, что перечислен в ней, дает ясное представление о том подходе к проблеме интоксикации человеческого организма и его источниках, как это видится с точки зрения химика-аналитика. Однако помимо безусловно важных связей, перечисленных в пунктах 1 - 4, существуют многочисленные взаимодействия, не укладывающиеся в эту привычную схему. Ниже, на рис. 4.1, показаны различные взаимодействия человека с окружающей средой, где прослежены тяжелые металлы, как пример одного из возможных токсикантов.

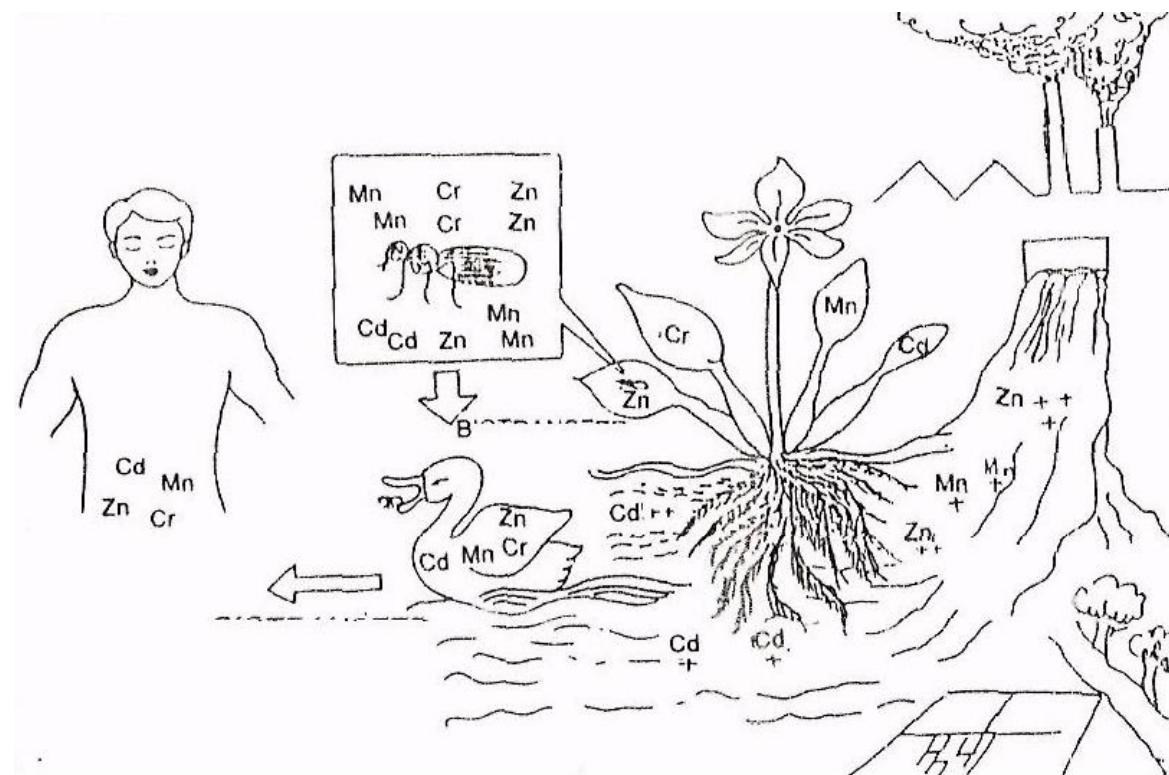


Рис. 4.1. Схема миграции ЗВ в окружающей среде

4.2. Становление биомониторинга

Биомониторинг возник как другая, прямая возможность оценить и предупредить риски, связанные с возникновением вокруг человека новой техногенной сферы, постепенно замещающей первоначально дикую природу. Однако прежде, чем приступить к всестороннему обсуждению биомониторинга, необходимо обратить внимание на одну существенную особенность того, как реагирует живая система на различные воздействия окружающей среды.

На самом деле некоторые элементы биомониторинга были реализованы много раньше, если так можно выразиться "на стихийном уровне". Человек всегда зорко наблюдал за реакцией живой природы на различные стихийные явления. Из литературы нам известно как животные реагируют на приближающееся землетрясение.

Таблица 4.1

Максимально допустимый уровень (МДУ) и потенциальная опасность экотоксикантов

Загрязнение	(МДУ)в питьевой воде (мг/Л)	Потенциальное воздействие на здоровье	Общие источники загрязнений
Неорганические вещества			
Арсенид	0.01	Поражение кожи или проблемы с циркулирующей системой	Эрозия естественных полезных ископаемых, отходы от фруктовых садов, отходы от производства стекла и электронного производства
Кадмий	0.005	Поражение почек	Коррозия гальванизированных трубопроводов, эрозия натуральных полезных ископаемых, отходы от обработки

			металлов, отходы от отработанных батарей и красок
Хром (общий)	0.1	Аллергические дерматиты	Отходы от стальных и пульповых мельниц, эрозия натуральных полезных ископаемых
Свинец	0.015	Младенцы и дети: Задержка физического и умственного развития. Взрослые: Проблемы с почками, высокое кровяное давление	Коррозия системы водоснабжения в домах, эрозия натуральных полезных ископаемых
Ртуть (неорганическая)	0.002	Поражение почек	Эрозия полезных ископаемых, сливы от нефтеперегонных заводов и фабрик, отходы от свалок и пахотных земель.
Уран	0.03	Возросший риск заболевания раком, токсичность для почек	Эрозия естественных полезных ископаемых
Пестициды			
Атразин	0.003	Кардиоваскулярная система или проблемы репродукции	Отходы гербицидов, использованных в сельском хозяйстве
Хлородан	0.002	Проблемы с печенью или нервной системой, возросший риск заболевания раком	Остатки от запрещенных термисидов
Диоксин	0.00000003	Проблемы репродукции, увеличение риска заболевания раком	Эмиссия от сжигания мусора и других сгораний, сливы химических фабрик
Дикват	0.02	Катаракта	Отходы от использования гербицидов
2,4-Д	0.07	Проблемы с печенью, почками или надпочечниками	Отходы от гербицидов, использованных на сельскохозяйственных полях
Эндрин	0.002	Проблемы с печенью	Остатки запрещенных инсектицидов
Этилен дибромид	0.00005	Проблемы с печенью, желудком, почками, репродуктивной системой, возросший риск заболевания раком	Отходы от нефтеперерабатывающих заводов
Гликофат	0.7	Проблемы с почками, трудности с репродуктивной системой	Остатки от использования гербицидов
Гептахлор	0.004	Поражение печени, увеличения риска заболеть раком	Остатки запрещенных термитисидов

Тимазин	0.004	Проблемы с кровью	Стоки гербицидов
Токсафен	0.003	Проблемы с печенью, почками и щетовидной железой, возросший риск заболевания раком	Стоки/высолаживание от инсектицидов, использованных на хлопковых полях или пастбищах
2.4.5-T	0.05	Проблемы с печенью	Остатки запрещенных гербицидов

В XIX веке в угольных шахтах не было датчиков на грозивший взрывом метан, но использовали живые организмы - канареек в качестве достаточно чувствительных биоиндикаторов, позволявших во многих случаях избежать катастрофы.

Очень лаконично, на уровне иероглифа, то есть комплексного понятия биомониторинга, на рис. 4.2 приводится схема факторов, влияющих на живое существо, в данном случае это рыба, находящееся в центре рисунка.

Но все указанные на рисунке воздействия прилагаемы к любой другой живой системе: это может быть выделенный биоценоз, человек. В любом случае множество воздействий, обозначенных стрелками вниз, порождают суммарный ответ живой системы, который никак не сводится к простой сумме внешних воздействий.

В последнее время начинает вырисовываться более общий подход к проблеме, который учитывает опыт токсикологии человека, накопленный в медицинской науке, и опыт, накопленный наукой об окружающей среде, в частности, экотоксикологией. Все это показано на рис. 4.3.

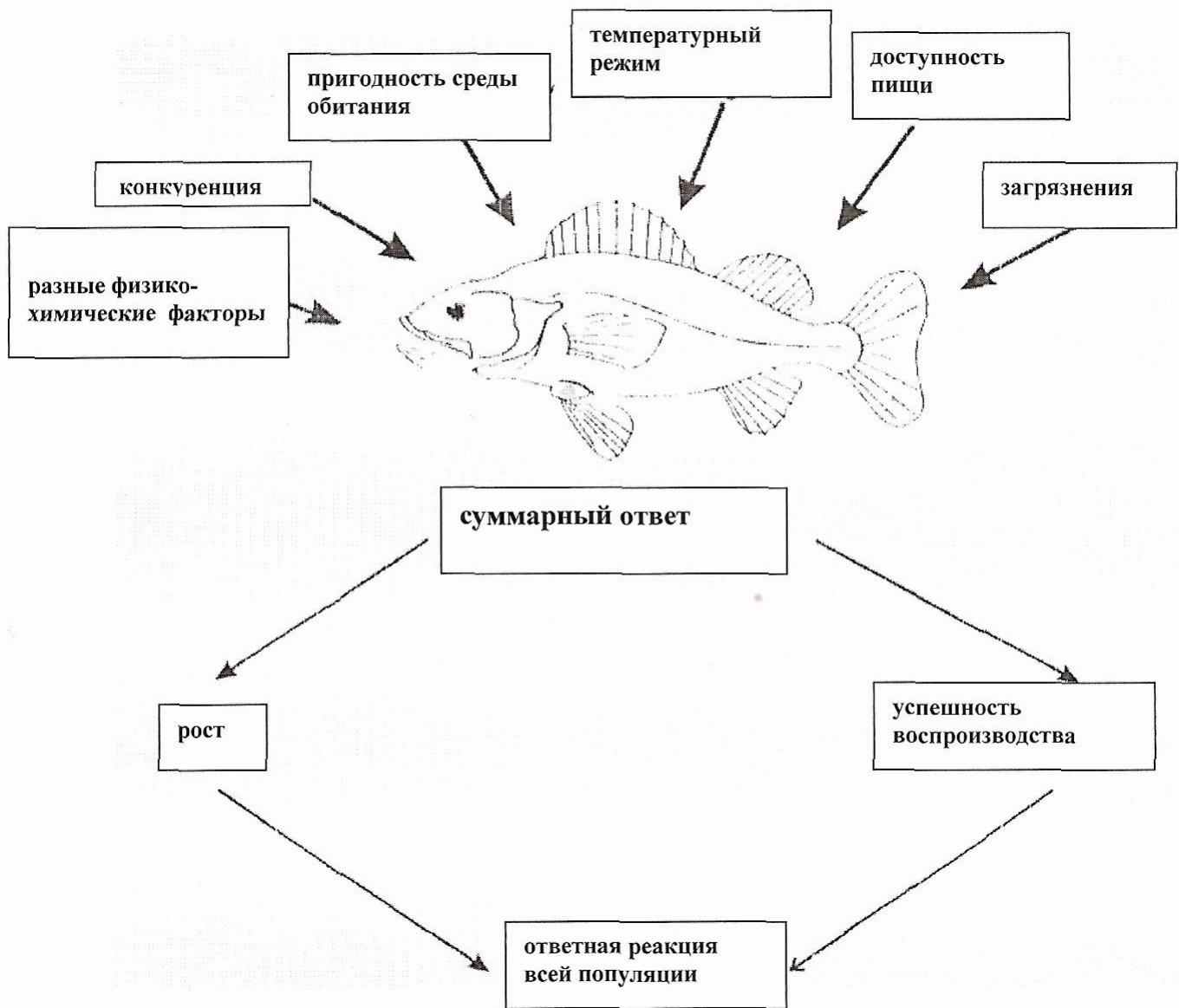


Рис. 4.2. Воздействие внешних факторов на живую систему (верхняя часть рисунка) и интегральный ответ на это воздействие (нижняя часть рисунка)



Рис. 4.3. Становление экологической медицины как шаг в развитии контроля антропогенно-измененной среды и ее воздействия на благополучие человека и сосуществующих с ним биоценозов

Мы имеем два встречных процесса при становлении экомедицины, которая может утвердится в человеческой практике через развитие эко-медицинского образования.

С одной стороны, как это показано в верхней части рисунка, в науке об окружающей среде выделяется экотоксикология. С другой стороны, как это показано слева, в медицине существует токсикология человека. Все это вместе взятое представляет собой эко-медицинский подход, который должен быть учтен в медицинском образовании и призван держать практикующих врачей и пациентов в курсе тех рисков, которые несет новая техногенная окружающая среда. Добавим еще, что экомедицина находится еще в стадии своего становления, и тому симбиозу в виде экомедицины, что изображен на рис. 4.3, еще предстоит доказать свою жизнеспособность.

Таким образом, становится понятно, что существенную роль в идентификации возможных рисков, исходящих от изменений окружающей среды, играет экомедицина, которая, используя специальные инструменты, вобрала в себя многие специальные черты экологии как науки об окружающей среде, и медицины как науки о здоровье.

Все изложенное здесь означает, что здоровье человека находится в неразрывной связи со средой, ее окружающей. Чтобы продвинуться дальше в понимании взаимоотношения организма и среды можно использовать и более общий, термодинамический подход, который будет здесь приведен только в самых общих чертах.

4.3 Гомеостаз - как свойство сохранения внутренних параметров системы

В чем же состоит главная особенность воздействия изменений в окружающей среде на человека, животное, или любое сообщество живых организмов? Ответ на этот вопрос в самом общем виде может быть получен, если принять во внимание, что биологические системы, а сюда мы включаем и человека, и животный, и растительный мир, представляют собой открытые системы, обменивающиеся со средой и веществом, и энергией, и информацией. При наличии такого обмена с внешней средой важнейшей задачей любой живой системы является поддержание постоянства внутренних параметров системы, несмотря на изменение характеристик внешней среды. Это качество - способность к поддержанию внутренних параметров, или гомеостаз - обеспечивается многообразными механизмами саморегуляции.

В гомеостаз могут быть вовлечены разные уровни организации отдельного организма, популяции или биоценоза. Даже соотношение различных компонентов в биоценозе может указывать на изменения в среде обитания. Например, аварийное разливание нефти вызывает увеличение популяции бактерий, использующих свой метаболизм на окислении углеводородов. В зоне загрязнения численность этих бактерий возрастает на несколько порядков.

Другой хорошо известный факт, что присутствие *E. Coli* в воде выше некоего предела свидетельствует о недостаточной чистоте воды. В любом случае вариации характеристик внешней среды не проходят бесследно как для отдельных организмов, так и для целых популяций, существующих в данном регионе [3].

4.4 Биомониторинг - процесс отслеживания изменений в параметрах биологической системы

Фактически на этом и основаны биологические методы диагностики, когда и отдельные особи, и популяции разных видов, населяющие данную территорию, а так же образцы их тканей, могут нести информацию об изменениях параметров внешней среды, будь то температура, химический состав воды, уровень радиации, и многие другие параметры. Процесс отслеживания изменений в параметрах биологических систем называют биологическим мониторингом, или, если более кратко, биомониторингом.

Наблюдение за изменениями всей совокупности ответов живой материи на изменение параметров окружающей среды выявляет своеобразный механизм усиления в возможности обнаружения новых признаков, когда изменения в живой материи проявляются на разных структурных уровнях, и, тем самым, увеличивают достоверность обнаруженного влияния окружающей среды. Например, при исследовании влияния тяжелых металлов, на живую природу, изменения могут быть обнаружены и при анализе тканей, и в нарушении поведения животных, и при исследовании их репродуктивной функции, продолжительности жизни и т.д. Все это было бы невозможно, если бы живые организмы не представляли собой динамические открытые системы, обменивающиеся со средой массой, энергией и информацией.

4.5 Требования, необходимые при сборе информации с использованием биомониторинга

Если обратиться к практическим методам сбора информации с использованием биоиндикаторов, следует указать, что подход к биоиндикаторам как неравновесным открытым термодинамическим системам является единственно приемлемым в данном случае. Это означает, что рассмотрение результатов исследования должно быть проведено в рамках взаимодействия биологических систем с загрязнителем, ингибирующим нормальное функционирование одной из систем жизнеобеспечения организма. Это последнее утверждение, чтобы придать ему традиционную физико-химическую форму, должно быть конвертировано в механизм взаимодействия рецептора R, который означает место в организме, подверженное атаке молекулой токсиканта с токсикантом T- (молекулой, наносящей повреждающий эффект). Вслед за авторами этой модели [4] сведем все огромное разнообразие взаимодействий, встречающихся в природе, к реакции между рецептором R и токсикантом T, имеющей обратимый



или необратимый характер



В качестве иллюстрации плодотворности подобного подхода можно привести явление тушения люминесценции культуры *Vibrio Fisheri* после экспозиции в присутствии водного раствора антибиотика гентамицина (gentamycin). Гентамицин по типу реакции (4.2) необратимо связывается с генетическим материалом *Vibrio Fisheri*- 30S-RNA, что приводит к ингибированию синтеза белка. Однако оказалось, что результат ингибирования весьма чувствителен ко времени экспозиции *Vibrio Fisheri* в водном растворе гентамицина.

В то время как 30-минутная экспозиция демонстрирует практически полное отсутствие влияния антибиотика на люминесценцию в диапазоне 4-х порядков изменения его концентрации, 24-часовая экспозиция указывает на 100% эффект тушения. Причина зависимости ингибирования от времени экспозиции кроется в том, что реакция (4.2) становится возможной только в момент деления клетки *Vibrio Fisheri*. Поскольку в естественных условиях клетки *Vibrio Fisheri* не синхронизованы, то есть акты деления протекают спонтанно, требуется определенное время, чтобы все клетки в пробе подверглись воздействию токсиканта T.

Алгоритм рассуждений, примененный при обсуждении явления тушения люминесценции культуры *Vibrio Fisheri* после экспозиции в присутствии гентамицина, может быть применен и для более сложных систем. Нужно только учесть, что, чем более многокомпонентной является исследуемая система, тем большее время экспозиции потребуется для того, чтобы влияние окружающей среды проявилось достаточно полно. В подтверждение высказанного утверждения ниже приводится табл. 4.2, где авторы собрали сведения о характеристических временах реакции систем разной степени сложности в ответ на изменения в окружающей среде.

Таблица 4.2

Характеристическое время экспозиции систем разного уровня сложности для достоверной оценки влияния окружающей среды

Структурный уровень исследуемой системы	Ожидаемая ответная реакция систем или их элементов при экспозиции в окружающей среде	Характеристическое время экспозиции в окружающей среде
Молекулярный уровень	Образование ДНК-аддуктов, мутация генов, разрыв цепи ДНК, подавление иммунитета, сигналы биосенсоров об уровне загрязнения on-line	10 мин
Клетка	Межклеточная защита сопротивляемости; Межклеточная иммунологическая защита; Генетическое повреждение / починка; Реакции с макромолекулами; Патология клеток;	1- 3 дня
Организм	Увеличение скорости роста воспроизведения / Патология окружающей среды (эко-патология)	20 - 120 дней
Популяция	Положительные/ негативные изменения в динамике и структуре Увеличение скорости роста и адаптации / ухудшение здоровья популяции	0.5 - 1 год 1 - 2 месяца
Экосистема	Восстановление элементов экосистемы и ее структуры/ Патология и уменьшение здоровья экосистемы	дольше 2-х лет

4.6 Инструменты, используемые при проведении биомониторинга

Теперь будут рассмотрены несколько примеров различных живых систем, взятых из разных классов, которые используются в качестве биоиндикаторов и биомаркеров. Для осуществления биомониторинга используют [биоиндикаторы](#) [5] и [биомаркеры](#) [6].

4.6.1 Биоиндикаторы

Биоиндикаторы определяются как вид или группа видов (растения или животные), которые своим присутствием или своим преобладанием, в том числе и количественным, играют важную роль в экосистеме, к которой принадлежат.

помощи биоиндикаторов оценивают качество окружающей среды. Изучение этих организмов в основном связано с математическим распределением этих организмов в сообществе, к которому биоиндикаторы принадлежат.

Виды биоиндикаторов. При помощи биоиндикаторов возможно показать, как различные типы токсических эффектов, найденных при помощи биомаркеров, т.е. на примере индивидуальных особей, находят свое отражение в виде вариаций в функционировании различных элементов биоценозов и структуре биоценоза. Следует отметить, что биоиндикаторы, согласно природе используемых организмов, могут быть отнесены по типу их реакции на воздействие окружающей среды на *импакт-индикаторы*, то есть индикаторы, свидетельствующие о самом факте воздействия среды, и на *аккумулирующие индикаторы*. Чем

именно различаются аккумулирующие и импакт-индикаторы друг от друга становится понятным из рис. 4.4, где разделение биоиндикаторов проведено по характеру их ответа на воздействие окружающей среды.

В основе разделения лежит зависимость стационарно установившейся концентрации загрязнителя в организме от концентрации такового в среде, окружающей этот организм. Следует всегда принимать во внимание, что в качестве аналитического инструмента используется открытая (в термодинамическом смысле) система. Это означает, что представленные на рис. 4.5 зависимости есть результат многих процессов, протекающих в организме.

Помимо включения загрязняющего соединения или элемента в обмен веществ живого индикаторного организма или его части, существует еще и активный процесс удаления загрязнителя из организма.

Если организм, выбранный в качестве биоиндикатора имеет мощную систему удаления загрязнений, то концентрационная зависимость содержания загрязнителя в организме идет почти параллельно горизонтальной оси координат, пока концентрация загрязнителя не возрастет настолько, что механизм очищения от загрязнителя перестает справляться со все увеличивающимся его потоком. Тогда начинается второй участок кривой для такого типа биоиндикатора с задержанным ответом.

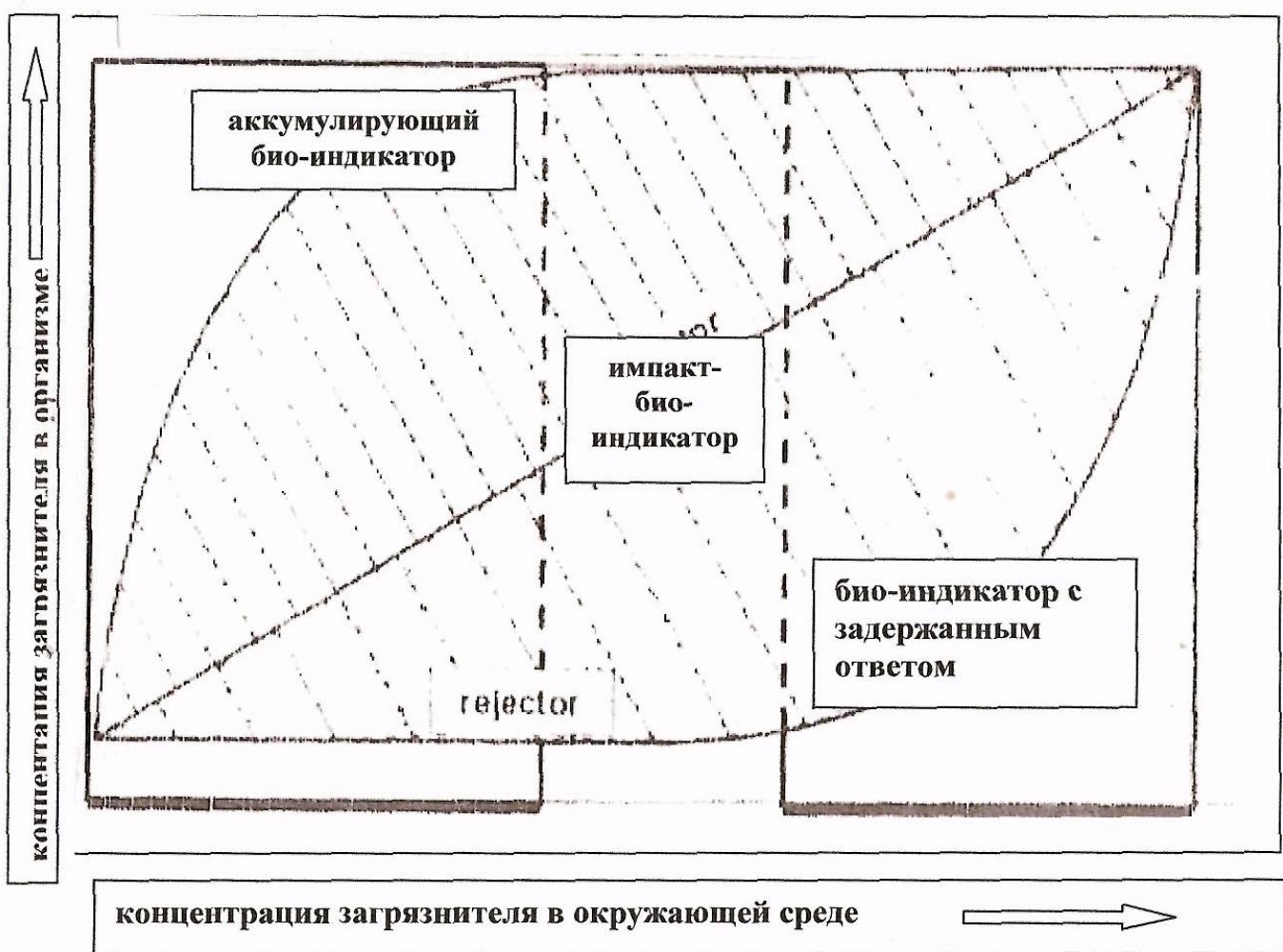


Рис. 4.4. Зависимость концентрации загрязнителя в организме от его содержания в окружающей среде для разных типов биоиндикаторов; (объяснение в тексте)

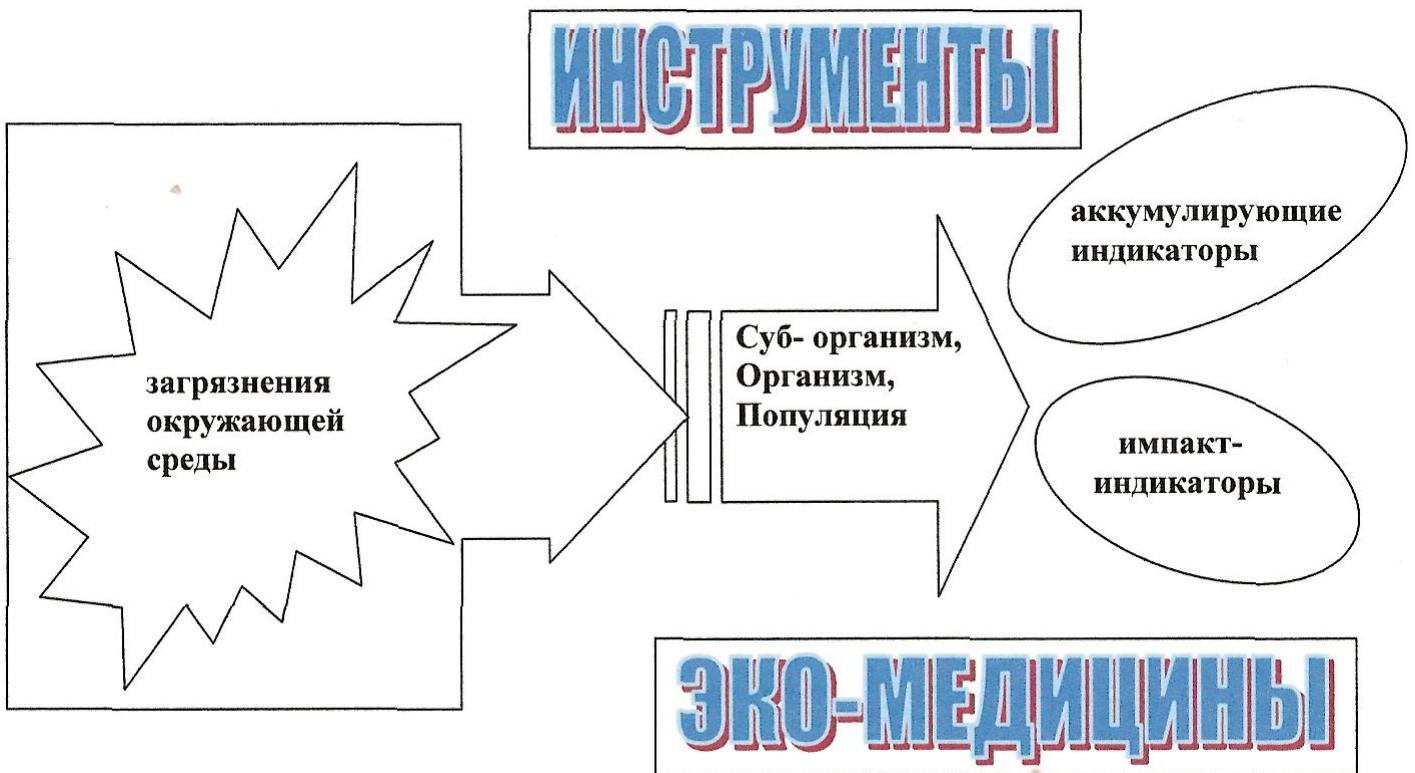


Рис. 4.5. Импакт-индикаторы и аккумулирующие индикаторы - два главных вида биоиндикаторов, которые используются в качестве инструментов эко-медицины.

Использование биоиндикатора с такой характеристикой нежелательно. Было бы оптимально иметь индикатор с линейной зависимостью, однако во многих случаях приходится довольствоваться большим или меньшим приближением к этому оптимальному случаю. В некоторых случаях удобно использовать аккумулирующий биоиндикатор, когда желательно идентифицировать минимальные концентрации загрязнителя.

Подводя итог, отметим, что эко-медицина использует специальные инструменты - открытые системы, которые дают представление о проникновении загрязняющего вещества в организм, суб-организм, или популяцию. Эта инструментальная особенность эко-медицины, отраженная на рис. 4.5, дает представление об использовании двух главных видов биоиндикаторов в графическом виде.

Биоиндикаторы, использующие микроорганизмы. Микроорганизмы вездесущи. Они в огромном количестве находятся всюду в окружающей среде и оказываются ключевым элементом в разложении и круговороте натуральных веществ. Их малый размер (0.2 - 20 мкм) и обусловленное этим высокое отношение поверхности к объему вызывает высокую чувствительность к очень низким концентрациям веществ, вовлеченных в обмен. Вследствие этой морфологической особенности микробы быстро реагируют на наличие загрязнения и другие стрессы в окружающей среде. Поэтому микробиологические индикаторы могут служить для раннего предупреждения появления различных загрязнений в окружающей среде. Микроорганизмы являются составной частью почв и используются для мониторинга их качества [7].

К микроорганизмам принадлежат одноклеточные и многоклеточные организмы, видимые только в микроскоп. Это обычно живые системы от долей до двух десятых микрона. Выделение по размерам - безусловно весьма расплывчатый критерий. Это критерий, носящий в себе черты способа, каким эти живые существа были обнаружены. К разряду микроорганизмов относят низшие [грибы](#), [бактерии](#), [protozoa](#) ([простейшие](#)) и [algae](#) ([водоросли](#)).

Микроорганизмы можно найти в пресных и морских водах, в почвах, и более чем на 1000 метров вглубь земли, и высоко в воздушном океане. Они способны существовать в горячих источниках и

льдах, в кислородосодержащих и анаэробных условиях, получая энергию для жизни за счет энергии света, или процессов окисления, используя как субстрат органические и неорганические соединения.

Роль микроорганизмов в течении самых разнообразных процессов на земном шаре абсолютно уникальна. Микроскопические [водоросли](#) и [цианобактерии](#) производят наибольшее количество биомассы на земном шаре в водных экосистемах. Чтобы иметь представление о масштабах активности микроорганизмов отметим, что слой почвы в 25 см может содержать до 3000 кг биомассы на гектар.

Причины высокой чувствительности микроорганизмов к изменениям условий окружающей среды. Поскольку микроорганизмы имеют наибольшее среди всех живых существ отношение поверхности к объему, то они первыми принимают на себя удар изменившихся условий в окружающей среде.

Поскольку разные популяции имеют разную устойчивость по отношению к изменению параметров окружающей среды, то первое, с чем сталкивается исследователь, оказывается утрата биоразнообразия. Учитывая, что в почве может быть до 10^4 - 10^5 различных генотипов на грамм, понятно, что уследить за всеми генотипами на данном уровне техники невозможно, да и вряд ли имеет смысл. Поэтому следует выбирать наиболее распространенные виды микроорганизмов.

К сожалению, экотоксилогические лабораторные испытания включают в исследование действия одного химического соединения на монокультуру, не принимая во внимание взаимодействие с другими популяциями микроорганизмов в естественных (не лабораторных) условиях.

Методы мониторинга и виды информации, получаемой при использовании микробных биоиндикаторов. Различные типы измерительной техники могут быть приложены для получения информации о воздействии изменений в окружающей среде на микроорганизмы, используемые в качестве биоиндикаторов. Исторически микроскопия была первым методом, который использовал микроорганизмы в качестве биоиндикатора для контроля чистоты воды.

Для определения массы микроорганизмов могут быть использованы методы измерения мутности, флюoresценции, или метод счета отдельных клеток. Существует так же множество других методов. Влияние тяжелых металлов оказывается на интенсивности дыхания, что было показано на примере лесных почв (Baath, 1989). Метод, использующий встраивание Н3 тимицина, повидимому оказался более чувствительным к влиянию загрязнений, чем метод определения биомассы или скорости дыхания (Dalin et al, 1997). Последние три упомянутых выше метода используются для определения качества почвы в рамках программы Dutch Quality Soil Network (BISQ) (Shout et al.). Очень важно использовать эти методы в сочетании друг с другом. То же самое относится и к исследованиям загрязнений солями тяжелых металлов. Как показывает практика, наиболее надежные результаты получаются при использовании не одного единственного, а набора различных индикаторов.

Как действуют изменения в параметрах окружающей среды на микробные биоиндикаторы? Информация, получаемая при мониторинге микробных биоиндикаторов, условно может быть разбита на три вида. Это определение биомассы, определение активности (потенциала роста) и биоразнообразие.

Как показали многочисленные исследования, загрязнения несомненно уменьшают биомассу, активность и биоразнообразие.

Многие исследования загрязнения пресных вод были проведены на водорослях. Водоросли были использованы для биомониторинга загрязнения пресных вод еще в середине XIX столетия. В настоящее время этот вид организмов используется для оценки загрязнения органическими веществами и в некоторых случаях тяжелыми металлами.

Делается это следующим образом: в момент, когда достигается стационарное состояние и параметр, выбранный в качестве контрольного, уже не меняется во времени, как это показано на рис. 4.6. делается замер этого параметра.

Потенциал роста может быть количественно оценен разными способами. Первый способ - это определение скорости наращивания массы со временем (линейная часть восходящего участка на кривых рис. 4.6). При наличии загрязнения масса микроорганизмов отлична от массы контрольного образца.

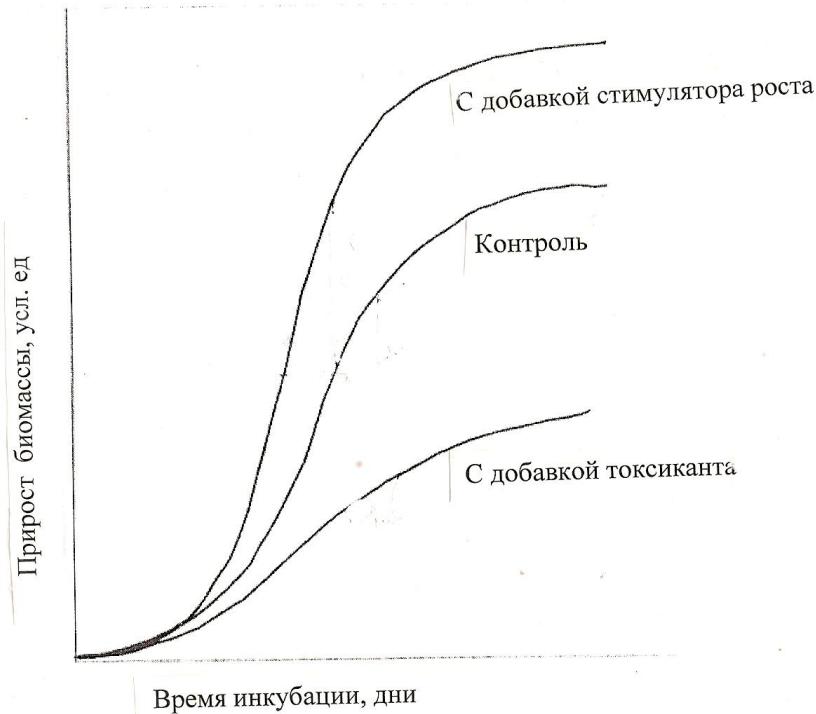


Рис. 4.6. Схематическое представление анализа кривых возрастания массы микроорганизмов в случае нормального роста (контроль), заторможенного, и ускоренного роста.

В последнее время еще один параметр привлекает все большее внимание. Это способность аккумулировать загрязнения. Способность аккумулировать загрязнения может быть определена по высоте плато на зависимости роста массы бактерий от времени инкубации в среде, содержащей соответствующий загрязнитель.

В качестве примера интересно рассмотреть зависимость аккумулированного количества ионов цинка в водоросли *Lemanea* от концентрации этого иона в среде инкубации. Ионы цинка способны накапливаться водорослью в соотношении тем большем, чем ниже концентрация этого иона в среде инкубации, при этом коэффициент обогащения в водоросли при убывании концентрации иона цинка в воде возрастает на два порядка. Если бы имел место просто обычный коэффициент распределения, каковой существует между двумя контактирующими фазами, то это была бы прямая, параллельная горизонтальной оси, как предписывается термодинамикой систем, находящихся в равновесии друг с другом и подтверждается экспериментально. Условия эксперимента - это условия открытой неравновесной системы, когда ионы Zn закачиваются внутрь клеток ионными помпами, причем эффективность этого процесса падает с ростом концентрации ионов Zn в воде, где находятся водоросли. Процесс аккумуляции ионов тяжелых металлов живыми системами очень важен в контексте фактов, когда человек сталкивается с высокими концентрациями ядовитых ингредиентов в грибах, растениях, мясных продуктах, накопленных прижизненно, по механизму схожему с тем, что присущ механизму, принятому для накопления и других ионов тяжелых металлов.

Биомониторинг с использованием симбионтов (лишайников и мхов). Уже в середине XIX столетия стало понятно, что атмосферные осадки могут являться источником загрязнения окружающей среды. В 1866 г. Найландер сообщил о том, как загрязнения той эпохи в городе Париже и его окрестностях сказываются на лишайниках *epiphytic lichen* [8]. Таким образом, история использования лишайников для биомониторинга (хотя тогда и термина такого еще не было!) насчитывает более 140 лет.

Немного о лишайниках. Разряд лишайников насчитывает более 3500 представителей. Первое, что следует отметить, что лишайники - это симбиотические организмы, своего рода композиция, т.е. сожительство, состоящее из микобионта, из ряда низших грибов и фотобионта, принадлежащего к роду сине-зеленых или зеленых водорослей. Грибковая масса может достигать 75% общей массы лишайника [9].

Взаимодействия микобионта и фитобионата друг с другом. Скажем несколько слов о взаимодействии микобионта и фитобионата друг с другом. До сих пор многие моменты симбиотического сосуществования остаются непонятным до конца. Для того, чтобы разобраться в механизме взаимодействия микобионта и фитобионата друг с другом, в течение последних 50 лет предпринимались неоднократные попытки вырастить по отдельности оба компонента лишайников, но это удавалось сделать далеко не всегда. Симбиотические взаимодействия весьма разноплановы и представляют собой чрезвычайно широкий перечень моментов еще не до конца установленный, который включает азотный метаболизм, синтез вторичных метаболитов и перенос карбогидратов.

Лишайники как инструмент биомониторинга окружающей среды. Можно различить два этапа развития биомониторинга при помощи лишайников. Исторически биомониторинг, где были использованы лишайники в качестве биоиндикатора, начался с наблюдения чисто внешних изменений, которые происходят с организмом, когда он определенное время находится в условиях загрязненной окружающей среды. При появлении изменений в окружающей среде симбиотический организм отзывается множеством изменений в окраске, размере и структуре, а также и в изменении множества других параметров, проявление которых не всегда может трактоваться однозначно. Например, изменение размеров или обесцвечивание может означать повреждение насекомыми, болезнями или химикатами.

Использование показателя плотности популяции. Численность популяции лишайников, которая оказалась под ударом кислотных дождей, содержащих H^+ , и ионы $(SO_4)^{2-}$, $(NH_4)^+$, $(NO_3)^-$, уменьшается в достаточной степени для того, чтобы послужить индикатором неблагополучия в данном районе. Наконец, изменение в географическом распространении или распределении особей может отражать распределение в распространении воздушных загрязнений. Самым, пожалуй, интересным является опубликованное в Nature [10] наблюдение о корреляции между биоразнообразием лишайников, и смертности от рака легких вследствие загрязнений SO_2 , NO_2 и $(SO_4)^{2-}$.

Рассмотрим другие показатели как возможные **индикаторы биомониторинга**. Помимо простого уменьшения численности лишайников было обнаружено и хорошо документировано, что стрессовые ситуации способствуют продуцированию этилена [11]. Например, газовые выбросы SO_2 , или ионов бисульфата. Более того, прямые эксперименты показали, что чистые образцы лишайников, собранные в свободных от загрязнений местностях Израиля, продуцировали этилен в больших количествах, когда они были перенесены в местность с загрязненным воздухом. Вследствие неприхотливости лишайников, тестовые образцы легко транспортируются. Поэтому набор образцов может быть легко перенесен из одной местности в другую [12]. Этим простым приемом удается устраниć источник ошибок, происходящий от возможной разной чувствительности тест-образцов к токсикантам.

Как показали исследования [13], ионы аммония могут захватываться на ионнообменные места в межклеточном пространстве симбиотического организма. По-видимому, эти ионы попадают затем во внутреклеточное пространство протопластов, участвуя в дальнейшем в метаболизме. На захват ионов аммония оказывает влияние предобработка другими ионами. Этот факт с большой вероятностью указывает на конкуренцию за адсорбционное место между различными катионами [14].

Постепенно накапливалось все больше данных о том, что очень многие другие параметры организма мхов реагируют на загрязнение окружающей среды. Сюда можно причислить изменение состава поверхностных углеводородов [15], воспроизведение хлорофилла-В, изменение спектров отражения, интенсивности фотосинтеза [16], проницаемости мембран [17].

Биомониторинг с использованием высших растений. Загрязнения могут воздействовать на взрослые растения двояким путем: попадать из почвы через корневую систему, или из воздуха, оседая на листьях. Отсюда и два пути воздействия окружающей среды на растения - через изменение качества почвы, и через загрязнение воздушного бассейна.

Новые направления в исследовании окружающей среды при помощи биоиндикаторов. Имея широкий список чувствительных к загрязнениям параметров, потребовалось определиться с выбором методик оценки величины загрязнений, пригодных не одной какой-то лаборатории,

но для целой их сети, имеющей наднациональный характер. Для того, чтобы удовлетворить новым требованиям, следовало бы найти параметр, выбранный согласно какой-то общей, универсальной модели. Эта модель, по-видимому, уже найдена. Ее общая концепция изложена в работе [18], где предложен новый подход, состоящий в том, что имеющиеся в симбионтах антиоксиданты могут служить ранними индикаторами предупреждения надвигающегося стресса от загрязнения окружающей среды.

Следует отметить, что к настоящему моменту предложена достаточно компактная технология использования лишайников в качестве биоиндикаторов, которая применялась для тестирования в условиях космоса [19]. В качестве образцов лишайников были выбраны *Rhizocarpon geographicum* и *Xanthoria elegans*, взятые на высоте 2000 м в горах центральной Испании. Образцы были экспонированы в течение 16 дней в космосе европейским космическим аппаратом BIOPAN-5, присоединенным к российскому спутнику FOTON-M2, запущенному с космодрома Байконур 31 мая 2005г. Целью эксперимента было исследование повреждающего действия ультрафиолета и космической радиации на симбионты. Как показал эксперимент, за 16 дней экспозиции в космосе никаких заметных повреждений в организме симбионтов обнаружено не было. Однако, в контексте тех представлений о биомониторинге, которые развиваются в настоящей работе, обращает на себя внимание скорее не сам результат, а новая модель исследования биоиндикаторов, которая постепенно пробивает себе дорогу в биомониторинге окружающей среды. Отметим основные черты этой модели:

1) Миниатюризация образцов;

2) Выбор параметров, которые характеризует наблюдаемые изменения с наиболее общей точки зрения и максимально полно [21];

3) Использование целого комплекса аналитических методов, которые делают маловероятной ошибочную интерпретацию наблюдаемого эффекта.

Все в целом может быть охарактеризовано как сочетание биологических методов работы с живыми системами и строгих аналитических методов. В качестве примера приведем комплект аналитического оборудования, использованного в работе [22]:

1. Флюоресцентная анализ-система MiniPAM (Walz,GmbH,FRG) (Maxwell and Jonson, 2000);

2. Сканирующие лазерные микроскопы: Confocal scanning laser microscopy, Zeiss LSM310 confocal microscope;

3. Низкотемпературный сканирующий электронный микроскоп;

4. Трансмиссионный электронный микроскоп.

4.6.2 Биомаркеры

Специальные параметры (молекулярные, биохимические или физиологические) индивидуальных организмов называются биомаркерами. Биомаркеры дают информацию о состоянии здоровья отдельного человека или другого индивидуального организма, отслеживая молекулярные, биохимические, физиологические изменения в ответ на различные воздействия, в том числе и на загрязнение окружающей среды. Биомаркеры могут указывать на поражение или физиологическую дисфункцию, как у людей, так и у представителей других видов, которые могут не являться биоиндикаторами. Примером такого биомаркера можно назвать популяцию рыбьей молоди, находившейся в течение 12 месяцев в емкостях, содержащих обычную воду с примесью сточных вод в разной пропорции.

Задачей этого исследования было выявление влияния степени загрязнения среды обитания (для этого и добавляли в аквариум дозированное количество сточных вод) на соотношение количества особей мужского и женского рода. Это соотношение в случае рыбьего племени имеет прямое отношение к воспроизведению рыбьего поголовья.

Как показал эксперимент, загрязнение среды обитания изменяет соотношение полов в популяции. Мужские особи оказываются менее устойчивыми к стрессу, вызванному загрязнением среды обитания. Этот вывод, кстати, может стать предметом для размышлений о том, насколько то, что найдено

для рыб, может быть перенесено, при наличии других независимых подтверждающих экспериментов, на человеческую практику.

4.6.3 Использование биомаркеров в практической деятельности человека

Необходимо подчеркнуть, что речь идет не только о познавательной стороне экологической медицины, но и о ее фактическом применении в человеческой практике. Упомянем в связи с этим, что перенесение результатов на человеческую практику становится возможным только при более углубленном исследовании причин эффекта, наблюдаемого на целом организме. В таких случаях обращение к исследованию отдельных энзимов является широко используемым приемом.

Здесь также стоит упомянуть биомаркер EROD на ингибиование холинэстеразной (ChE) активности, который уже откалиброван и стандартизован до необходимого уровня. В связи с этим он рекомендован в правительственные документах по регулированию контроля над применением фосфорорганических инсектицидов, пестицидов и карbamатов. Таким образом, в основе использования энзимов в качестве биомаркеров, лежит подобие в биохимических механизмах у разных живых систем.

Существуют специальные таблицы для констант ингибиования разных ацетихолин эстераз (German Standart Metods (DIN 38415 Т1, 1995). Можно назвать и много других энзимов, которые должны быть вовлечены в круг биомаркеров. Сюда относится, прежде всего, гидроксилирующий энзим цитохром Р450, научная разработка которого в России весьма продвинута благодаря исследованиям группы А.И. Арчакова.

Можно упомянуть также возможное использование в качестве биомаркера процесса ингибиования уреазы [20]. Следует, однако, иметь в виду, что вопрос о том, насколько правомерно переносить результаты с использованием того или иного маркера на другой организм, является, наряду со стоимостным фактором, основным для правительственные учреждений и руководителей индустрии при ассигновании средств на развитие той или иной программы.

4.6.4 Изменение параметров тестового организма во времени при взаимодействии с повреждающим агентом

Часто для полноты картины следует рассмотреть не один, как в предыдущем случае, а ряд параметров тестового организма, чтобы проследить с большей детализацией череду состояний, развивающихся во времени. В этом случае обнаруживаются в полной мере свойства биологических систем, находящихся в состоянии [гомеостаза](#), проявлять множество стационарных состояний, обладающих различной устойчивостью по отношению к внешним воздействиям.

Точное предсказание поведения системы определяется конкретной фазой гомеостаза, в которой находится система в момент действия стрессора. Последующие три схемы демонстрируют, как мог бы проводиться такой эксперимент [21]. Если среда отлична от той, к которой был адаптирован тестовый организм, то немедленная ответная реакция тестового организма должна быть воспринята как предупреждение об опасности. Эти процессы запускаются немедленно после контакта или проникновения стрессора в тест-организм и обозначены как фаза 1 (рис.4.7).

Вторая фаза взаимодействия стрессора с тестовым организмом включает процессы сопротивления повреждающему воздействию стрессора в окружающей среде и адаптации к неизбежным изменениям (рис.4.8).



Рис. 4.7. Немедленная реакция биомаркера на попадание стрессора (фаза 1)



Рис. 4.8. Постепенная реакция биомаркера на непрерывное воздействие стрессора в окружающей среде (фаза 2)

Наконец может наступить третья, последняя фаза, когда воздействие стрессора настолько преобладает над защитными силами тест-организма, что наступает истощение его защитных механизмов (рис.4.9).

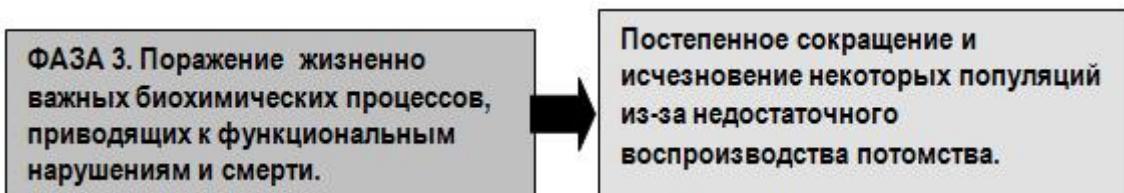


Рис. 4.9. Истощение сопротивляемости тест-организма, заканчивающееся его гибелью (фаза 3)

4.7 Применение биоиндикаторов и биомаркеров при интегральной оценке здоровья человека

Полную картину дает информация, полученная при анализе биоиндикаторов и биомаркеров, которые отражают разные стороны одного и того же процесса взаимодействия организмов и их сообществ с окружающей средой.

Обсудив инструменты экомедицины, перейдем теперь к общему алгоритму применения биоиндикаторов и биомаркеров при интегральной оценке здоровья человека, взаимодействующего с окружающей его средой. Следующая схема, представленная на рис. 4.10, демонстрирует, как возможно построить мониторинг окружающей среды и мониторинг здоровья человека, объединив данные, полученные из разных источников.

Все результаты, конкретного исследования, представленные на схеме в виде прямоугольника "основные данные исследуемой системы", должны быть объединены функционально, что позволит использовать единый подход в единой системе отсчета.

Новые данные должны быть сопоставлены с существующими уже и хранящимися в банке данных основными сведениями, которые представлены в прямоугольных блоках, как "опорная база данных". Опорная база данных представляет годовые результаты, взятые из международной базы данных об окружающей среде.

Эти данные ориентированы на токсикологию человека и экотоксикологию и обеспечивают важную информацию об эко-токсикологическом и токсикологическом поведении химических веществ в окружающей среде в виде сочетания *базы данных* токсикологии человека и экотоксикологии. Опорная база данных представляет собой своеобразную точку отсчета для каждого из контролируемых параметров и позволяет оценить динамику изменений в окружающей среде и показателях человеческого организма, происходящих во времени. На основе исследований повреждающего действия токсиканта на человека и биоценозы ставится диагноз и вырабатываются прогнозы и профилактика здоровья человека и среды его окружающей.



Рис. 4.10. Возможная иерархическая структура анализа проникновения загрязняющего вещества в человеческий организм и окружающую среду.

4.8 Влияние неблагоприятных внешних факторов

В настоящее время считается, что санитарно-эпидемиологическое благополучие региона – это такое состояние здоровья населения, при котором отсутствует воздействие негативных факторов среды обитания, и обеспечиваются благоприятные условия жизнедеятельности каждого человека.

На человека постоянно действуют факторы внешней среды. К важнейшим из них относятся физические, химические, биологические, социальные и иные факторы, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние будущих поколений.

В случае, если значение фактора выходит за рамки адаптации человека, этот фактор может привести к повреждению функциональных систем, органов и тканей организма человека. Такие факторы называют *факторами риска*. Факторы экологического риска для здоровья человека можно классифицировать следующим образом: абиотические, биотические, антропогенные, информационные. Введем некоторые определения.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия, заболеванию или снижению работоспособности. При этом имеется в виду снижение работоспособности, исчезающее после отдыха или перерыва в активной деятельности.

Вредное воздействие на человека – воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни и здоровью будущих поколений.

Опасными называют такие факторы, которые приводят в определенных условиях к травматическим повреждениям или внезапным и резким нарушениям здоровья.

Это деление условно, т. к. вредные факторы в определенных условиях могут стать опасными. Аксиома о потенциальной опасности предусматривает количественную оценку негативного воздействия, которое оценивается риском нанесения того или иного ущерба здоровью и жизни.

Риск определяется как отношение тех или иных нежелательных последствий в единицу времени к возможному числу событий. В мировой практике находит признание концепция приемлемого риска, т. е. риска, при котором защитные мероприятия позволяют поддерживать достигнутый уровень безопасности. Для обычных общих условий приемлемый риск гибели для человека принимается равным 1,0 на 1 млн случаев в год. Степень риска оценивается в мировой практике для различных видов деятельности вероятностью смертельных случаев.

При оценке воздействия вредных факторов на человека следует учитывать степень влияния их на здоровье и жизнь человека, уровень и характер изменений функционального состояния и возможностей организма, его потенциальных резервов, адаптивных способностей и возможности развития последних. Совокупность и уровень различных факторов производственной среды также существенно влияют на условия труда, состояние здоровья и заболеваемость работающих. Особенности возникающих при этом негативных изменений в организме и мер по их предупреждению определяются характером, интенсивностью и длительностью воздействующего вредного фактора среды обитания. Например, вибрация большой интенсивности может вызвать у человека развитие вибрационной болезни в случае длительного действия на его организм. В то же время, вибрация может быть использована в медицине как физиотерапевтическая методика, для ускорения восстановительных процессов в организме. Однако в этом случае вибрация используется в дозах гораздо меньших, по отношению к тем которые вызывают вибрационную болезнь. Таким образом, чем дольше и интенсивнее действует фактор на организм человека, тем больше вероятность вызвать повреждение в органах и тканях человека, которые могут привести к развитию того или иного заболевания.

4.9 Контроль, оценка, прогноз и управление ответными реакциями организма человека на различные факторы среды

Оценку влияния окружающей среды на организм человека можно осуществлять следующими способами: проведение эпидемиологических исследований; определение среднестатистической продолжительности жизни; статистика развития тех или иных заболеваний, характерных для данного

региона и сравнение полученных данных с другими регионами. Такой подход позволяет выявить экологические составляющие повреждающих факторов среды обитания и отделить их от генетических особенностей населения. Такой подход продемонстрирован в книге "Биология продолжительности жизни" (Л.А.Гаврилов, Н.С. Гаврилова). Приведем пример из этой книги, поясняющий различие в смертности мужчин и женщин в Финляндии.

Авторы пытаются связать параметр продолжительности жизни с результатами биохимических исследований человека и геологическими особенностями данной местности. Конечно, для более детального анализа необходимо привлекать больше данных, включая и особенности национальных культурных традиций, особенности питания, одежды жилища, и даже спортивных праздников.

4.10 Индикаторы здоровья человека

Из всего сказанного выше становится ясно, что особое значение должно придаваться унификации перечня индикаторов здоровья населения и среды. Это связано с назревшей необходимостью создания эколого-географических информационных систем посвященных здоровью населения разных регионов (HEGIS). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) провела семинар, посвященный этой проблеме (Сосновица, Болгария, 1995 г.). Кроме того, в 1997 г был проведен семинар в Туле, подготовленный Министерством здравоохранения РФ совместно с ВОЗ, целью которого было разработать список индикаторов здоровья в России, характеризующих среду обитания. Была предпринята попытка, совместить этот перечень со списком подобных индикаторов, применяемым в европейских странах.

Основные требования к списку индикаторов здоровья человека [22].

1. Полнота и сбалансированность. Список предлагаемых показателей должен адекватно и полно характеризовать состояние здоровья населения.

2. Чувствительность. Измеряемые параметры каждого индикатора должны статистически достоверно меняться при изменении условий окружающей среды и географических зон, например, должна прослеживаться динамика этих показателей. Желательно, чтобы эти показатели имели большую вариабельность при малой дисперсии.

3. Статистическая корреляция между индикаторами здоровья и состоянием среды. Это требование, которое указывает на то, что желательно использовать те индикаторы, для которых уже известна связь между их значением и параметрами окружающей среды.

4. Интерпретируемость. Это требование означает, что взаимосвязь между действием среды и используемым индикатором должна быть теоретически обоснована с точки зрения современного естествознания.

5. Доступность и надежность данных. Это требование означает, что методы сбора информации должны обеспечить надежность полученных данных, и быть достаточно доступны, чтобы их можно было использовать всех регионах страны.

6. Экономичность. Выбранные индикаторы должны быть получены с помощью наиболее дешевых методов, но не в ущерб информативности.

Индикаторами здоровья населения и окружающей среды принято считать следующие параметры [22]:

1. Ожидаемая продолжительность предстоящей жизни (для мужчин, женщин, городского населения, сельского населения, при рождении, в возрасте 15, 45 и 65 лет);

2. Смертность (общие и стандартизованные показатели; смертность от злокачественных новообразований органов пищеварения, органов дыхания; от рака крови);

3. Младенческая смертность;

4. Доля детей с массой тела при рождении меньше 2500 г;

5. Показатели физического развития детей;

6. Заболеваемость.

Заболеваемость взрослого и детского населения по обращаемости в лечебно-профилактические учреждения подлежит официальной статистической отчетности. Эти материалы широко используются для выявления региональных особенностей здоровья населения и, в частности, для изучения распространенности экологически обусловленных заболеваний, которые принято называть *маркерными заболеваниями*. К ним относятся аллергические заболевания, заболевания органов дыхания, микроэлементозы, нарушения психического здоровья, некоторые эндокринные заболевания, болезни крови, онкологические заболевания [23]. Особое внимание уделяется маркерной заболеваемости среди детей, как наиболее оседлой и подверженной влиянию экологически неблагоприятных факторов группе. Наиболее информативным показателем – индикатором состояния окружающей среды является детская заболеваемость от 0 до 14 лет и детей первого года жизни (хотя в этом случае необходимо делать большую поправку на генетический фактор, т.е. здоровье родителей). Ребенок, вырастая и формируясь в данной обстановке, состоянием своего здоровья точно отражает состояние окружающей среды. В то время, как взрослый человек может просто всю жизнь проработать на вредном производстве и, перебравшись в более благополучную зону, "испортить" статистику.

Кроме показателей общей заболеваемости детского населения, достоверными индикаторами экологического неблагополучия можно считать параметры детской инфекционной заболеваемости, болезней органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки, мочеполовой системы, эндокринной системы. Отмеченные нозологические формы болезней характеризуют прежде всего степень загрязнения воздуха, а также общую экологическую напряженность.

В табл. 4.3 [23] приводятся выборочные данные по общей заболеваемости и смертности в России, вызванные негативными изменениями в состоянии окружающей среды.

В результате суммарного воздействия всех неблагоприятных условий жизни происходит постепенное ослабление сопротивляемости организма. В этом случае именно экологические факторы (техногенное загрязнение воздуха, воды, продуктов питания) определяют возникновение или прогрессирование имеющейся патологии здоровья. В последние годы исследование зависимости показателей здоровья от факторов окружающей среды становится особенно актуальным [24-26]. При этом используются два подхода:

1. Непосредственный анализ воздействия источника загрязнения среды на здоровье населения;

2. Поиск вероятных причин экологического неблагополучия по показателям состояния здоровья населения.

Таблица 4.3

Экологически зависимые изменения состояния здоровья населения России

Ранг	Фактор	Причина смерти, заболевания	Число случаев, тыс. в год	Источник информации
Смертность				
2	Химическое загрязнение атмосферного воздуха ТВЧ	Болезни органов дыхания и сердечно-сосудистые заболевания	40	Анализ на основе методики оценки риска
4	Радон	Рак легких	4	Оценка риска на основе данных и фактической летальности
5	Микробное	Кишечные	1,1	Госстатистика

	загрязнение воды и продуктов питания	инфекции		
6	Аварии в промышленности	Смертельные исходы в результате аварий	0,4	То же
7	Опасные природные явления	Смертельные исходы	0,08-0,9	»

Заболеваемость

1	Микробное загрязнение продуктов питания и питьевой воды	Острые кишечные инфекции	400 (в том числе среди детей – 232)	ФЦГСЭН
2	Загрязнение атмосферного воздуха ТВЧ и диоксидом азота	Заболевания органов дыхания	240-370 – всех ОРЗ среди детей (в том числе 0,3-0,7 – новых и 3-5 хронических заболеваний органов дыхания)	Госстатистика; экспертная оценка на основании данных ВОЗ
6	Радон	Рак легких	Ориентировочно до 9	Оценка на основе данных об уровне облучения, и фактической заболеваемости
7	Загрязнение продуктов питания химическими соединениями	Пищевые отравления	5,0-5,7	ФЦГСЭН
9	Химическое загрязнение питьевой воды	Свинец, ртуть, кадмий; мышьяк, нитраты, пестициды, фтор	Оценка затруднена из-за отсутствия данных	
10	Загрязнение атмосферного воздуха городов свинцом	Отклонения нервно-психического развития детей	Ориентировочно до 400	Данные А.А.Быкова, Б.А.Ревича

Последний подход предполагает использование организма человека в качестве своеобразного высокоорганизованного биомаркера и, по результатам новейших исследований, оказывается более достоверным [27]. Традиционные способы оценки загрязненности среды часто не дают реальной картины. Система мониторинга в стране далека от совершенства, а во многих населенных пунктах просто отсутствует. К тому же, медицинская статистика, не смотря на многочисленные недостатки, является непрерывной, систематизированной и, в конечном итоге, более информативно отражает основные тенденции качества здоровья населения и окружающей среды.

При сопоставлении медико-статистических показателей состояния здоровья с имеющимися данными о качестве воздуха, воды и др., выявляется целый ряд соответствующих зависимостей [28 - 33]:

- инфекционная заболеваемость выше в населенных пунктах с некачественной водой;
- повышение уровня заболеваемости мочеполовой системы также связано с особенностями макро- и микроэлементного состава питьевой воды, ее техногенным загрязнением;

- заболеваемость органов дыхания (особенно бронхиальной астмой, бронхитом и пневмонией) и органов кровообращения выше в населенных пунктах, где отмечается даже невысокий, но постоянный уровень загрязнения воздуха твердыми взвешенными частицами (ТВЧ), оксидами серы и азота, и др.
- вероятность заболевания онкологическими заболеваниями многократно возрастает в населенных пунктах, расположенных вблизи мусоросжигательных заводов.

Этот список может быть продолжен. Установление подобных зависимостей положено в основу интегральной оценки медико-экологического благополучия территории или региона. В этом случае в экологической диагностике также используется бальная система оценок.

4.11 Экспресс-оценка функциональных систем организма человека в экологически неблагоприятной среде

Оказываясь в экологически неблагоприятной среде, организм человека пытается приспособиться к новым условиям. Главную роль в механизмах адаптации играют функциональные системы организма. Поэтому очевидно, что своевременно проведенная оценка функционирования этих систем является необходимым условием для принятия правильного решения как в отношении одного определенного человека, так и в отношении населения в целом. Требования к методам экспресс-диагностики в этом случае должны быть следующими: быстрота и достоверность получения данных, а также легкая их интерпретируемость. Поэтому часто в экологической медицине используют не биохимические анализы, а методы функциональной диагностики, основанные на физических принципах. Таких методов в настоящее время разработано довольно много, и здесь кратко будут описаны наиболее простые в исполнении методы.

1. Сбор анамнеза, т.е. получение из истории болезни информации о предыдущих заболеваниях и от пациента – о признаках недомогания.

2. Оценка сердечно-сосудистой системы. Самые простые методы — изучение артериального давления и пульса. Артериальное давление измеряется на плече с помощью тонометра, по методу Короткова, при этом часто давление, измеренное на правой руке не равной давлению на левой руке, и чем больше эта разность, тем хуже регуляция у человека сердечно-сосудистой системы.

3. Оценка бронхо-легочной системы может быть быстро проведена с помощью компьютерных спирометров, которые выдают около 30 оценочных параметров, по которым можно судить о состоянии системы воздухоносных путей человека.

4. Оценка выделительной системы может быть проведена по измерению pH мочи, а также по вычислению минутного диуреза. Минутный диурез грубо можно вычислить по следующей формуле:

$$D = V/t$$

где D — минутный диурез, V — объем выделившейся мочи (мл), t — время между мочеиспусканиями. На сегодняшний день существует несколько разновидностей приборов, позволяющих провести экспресс-анализ мочи и крови на присутствие сахара, что дает представление о функционировании поджелудочной железы.

5. Работу опорно-двигательного аппарата оценивают по жалобам на боли в мышцах и суставах, а также по амплитуде движений в суставах, измеряя углы между костями в крайних положениях движения сустава. Например, угол наклона тела по отношению к горизонтали при наклоне вперед

6. Состояние органов чувств можно оценивать с помощью различных тестов. Например, орган слуха оценивают по способности человека различать слова, произнесенные шепотом, или с помощью специальных приборов — аудиметров. Орган зрения можно оценить с помощью специальной аппаратуры по следующим параметрам: светочувствительность глаза, степень мутности хрусталика, уровень внутриглазного давления, размер поля зрения. Орган равновесия оценивается с помощью стабилографа.

7. Психо-эмоциональное состояние человека оценивается с помощью специальных психологических тестов, самым известным из которых является тест Люшера.

8. Одним из последних достижений в области медицинской технологии является метод электропунктурной диагностики, применяемый для комплексной экспресс-диагностики состояния функциональных систем организма человека. Метод был предложен японским ученым Накатани в 1950 году. Им были проведены электрофизиологические исследования меридианов тела, изучена зависимость между функциональным состоянием внутренних органов и систем и электрическими потенциалами в точках соответствующих меридианов. Эти исследования показали, что любые изменения во внутренней среде организма непременно отражаются на коже и что меридианы ведут себя как чувствительные индикаторы, сигнализирующие о наступающей опасности.

Диагностика осуществляется с помощью аппаратно-программного комплекса «Диакомс». В стандартную конфигурацию комплекса входят:

- датчики измерения электропроводности;
- цифровой преобразователь тока;
- компьютер;
- программное обеспечение, версия 7.2.

С помощью датчиков электропроводности (электродов) и программного комплекса «Диакомс» фиксируются и обрабатываются результаты измерений. В результате полученная информация сравнивается со среднестатистическими нормативными данными медико-экологического мониторинга, занесенными в базу данных компьютера. Результаты отображаются на экране монитора в виде графической зависимости (рис. 4.11), которая позволяет сделать вывод о возможных отклонениях различных функциональных систем организма от нормы.

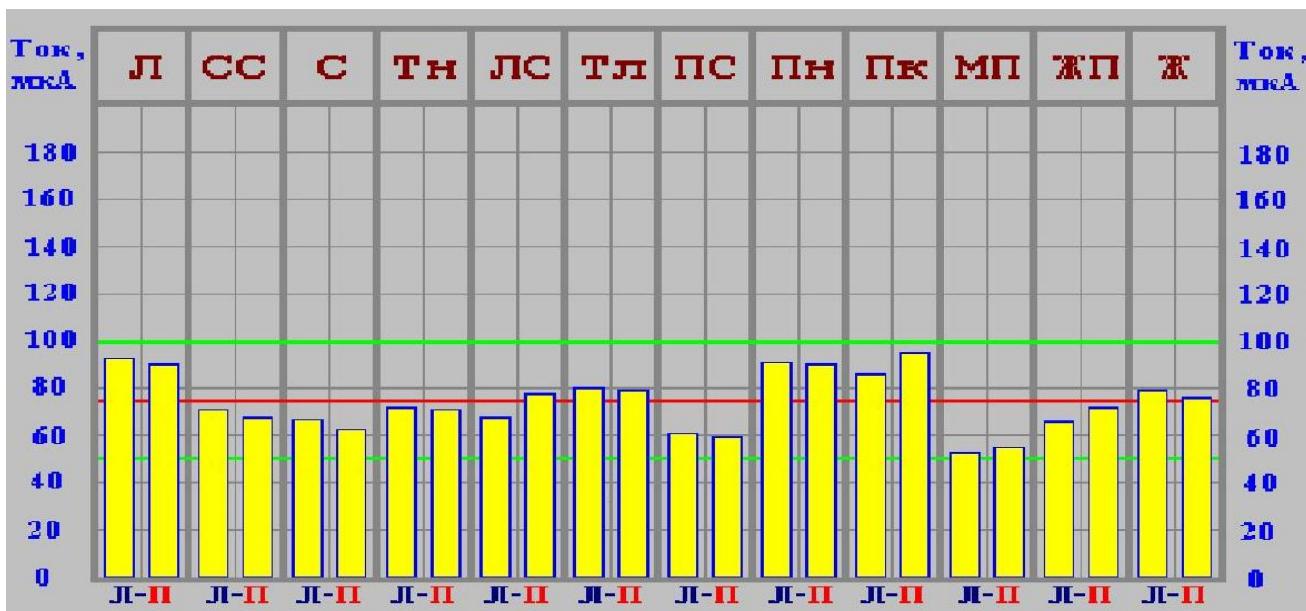


Рис. 4.11.(а) Значения электропроводности для группы испытуемых мужчин

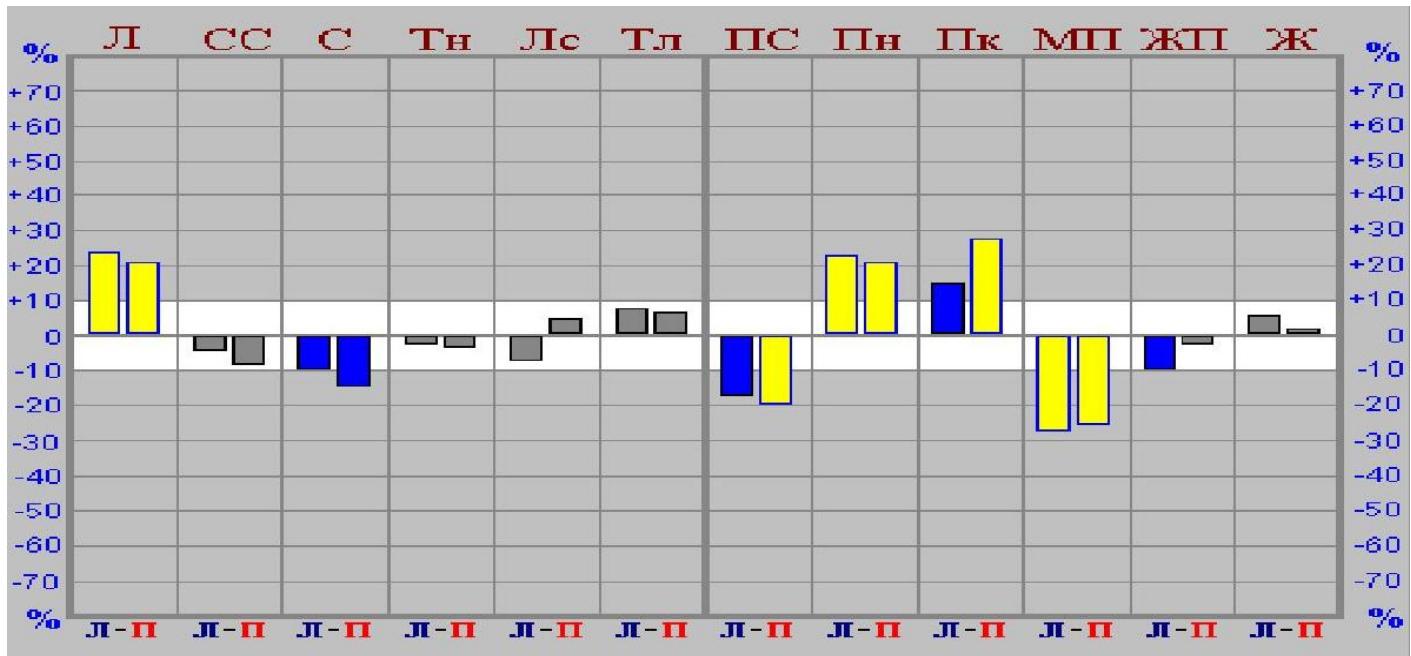


Рис. 4.11.(б) Средние значения активности функциональных систем для группы испытуемых мужчин

Нормативный интервал на рис. 4.11 (а) обозначен зелеными линиями, а на рис. 4.11 (б) – белым цветом. Названия систем обозначены абривиатурами: Л – легочная, СС – сердечно-сосудистая, МП – мочеполовая и т.д.

В заключении необходимо отметить, что проведение постоянного мониторинга, пополнение баз данных по заболеваемости населения и использование маркерных показателей (индикаторов) позволит обеспечить [34]:

1. Прогнозируемость изменений в популяциях человека;
2. Наметить план улучшения жизни населения, за счет проведения санитарно-гигиенического просвещения и других мероприятий;
3. Отслеживать эффективность действия местных администраций по улучшению условий жизни в каждом регионе.

4.12 Мониторинг здоровья населения

Медико-экологический мониторинг (МЭМ) – это система долгосрочных исследований, оценок, контроля, прогноза состояния и изменения взаимодействий, учитывающая взаимодействие факторов окружающей среды (климатических, гидрологических, геологических, демографических, социально-экономических, политических, производственных, общественных, бытовых и др.) и показателей качества здоровья человека.

Соединения, оказывающие негативное влияние на организм человека, называются «ксенобиотиками» (от греч. *xenos* – чужой и *biotos* – жизнь). Это чужеродные для организмов соединения – пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства, токсические выбросы заводов, фабрик и т.п.

Целью мониторинга здоровья населения является не только определение степени воздействия промышленных объектов и природных условий среды на организм человека, но и управление этими воздействиями для принятия адекватных мер по коррекции экологической ситуации. Управление экологической нагрузкой может быть реализовано на основе математической модели, которая учитывает связь между показателями окружающей среды и данными о состоянии различных систем органов человека.

Построение такой адекватной модели требует решение нескольких задач:

1. Выбор наиболее чувствительных к воздействиям окружающей среды параметров напряженности адаптационных систем человеческого организма, которые подлежат мониторингу;
2. Проведение измерений выбранных параметров окружающей среды и показателей адаптации человека с наибольшей полнотой и периодичностью;
3. Построение математических моделей влияния экологических факторов на изучаемые механизмы адаптации организма человека.

Медико-биологические исследования выявили среди множества систем органов организма человека, сердечно-сосудистую систему и центральную нервную систему, как наиболее важные для организма. Для этих систем разработаны показатели параметров адаптации, которые давно применяются в медицине.

Вторая задача решается за счет стандартной и не дорогой системы технических средств с использованием ЭВМ, простых диагностических методов и современных средств связи (например, кардиографы, компьютеры, Интернет).

Следующая задача может быть решена в реальном масштабе времени за счет использования данных экологического мониторинга и измерений множества индикаторов адаптации у исследуемой группы людей. При планировании наблюдений учитываются различные экологические факторы, влияющие на людей. Сама модель и ее параметры получаются при анализе полученных массивов данных. Далее модели уточняются по мере накопления данных.

Таким образом, предлагаемый подход мониторинга здоровья населения, попадающего в зону действия негативного воздействия, основан на следующих принципах:

1. Наблюдению подвергается все население (случайная выборка);
2. Применяются наиболее простые, дешевые и удобные для регулярной диагностики методы и средства измерений;
3. Детально учитываются индивидуальные факторы, оказывающие влияние на состояние здоровья обследуемых людей, в том числе и психологические;
4. Проводятся регулярные и систематические измерения экологических факторов, характерных для данного региона;
5. Используются современные технические средства, позволяющие оперативно собирать и обрабатывать большой объем данных от территориально распределенных источников;
6. Система должна легко настраиваться на определенные модели влияния в зависимости от экологических факторов.

Медико-экологические индикаторы ухудшения экологической ситуации в регионе показывают, что организм человека не справляется с экологической нагрузкой на него. Поэтому мониторинг таких индикаторов, является важным мероприятием государственной политики, позволяющим оперативно вмешиваться в управление окружающей средой с целью защиты населения от ее разрушающего действия. Здесь очень важна медико-экологическая экспертиза, которая позволит указать местным властям на источник опасности.

Довольно часто предприятия, виновные в нарушениях технологий, ведущих к ухудшению экологической ситуации и снижению показателей здоровья населения, оспаривают данные медико-экологической экспертизы, затягивая решение властей по выходу из этой ситуации. Так, например, энергетические компании долго не соглашались с мнением жителей, дома которых находились под линиями электропередач (ЛЭП) об отрицательном влиянии на них электромагнитного излучения. Другой пример, когда табачные компании отрицают свою вину перед курильщиками, заболевшими раком легкого, утверждая, что те сами выбрали: курить им или нет.

4.13 Статистический анализ заболеваемости населения

Все исследования, в которых проводится мониторинг большого числа параметров, должны заканчиваться статистически достоверными выводами. Это означает, что прежде чем начать такое исследование, необходимо воспользоваться методами планирования наблюдений, которые позволят более глубоко понять методику сбора материалов и их хранения.

На следующем этапе проводится обработка полученных массивов информации. И здесь необходимо знание методов многомерной статистики. Только тогда можно построить адекватные модели связи излучаемых параметров внешней среды и выбранных индикаторов здоровья человека. Здесь необходимо упомянуть такие методы как: Фурье анализ, анализ деревьев классификации, дискриминантный анализ, метод главных компонент, корреляционный анализ, анализ многомодальных распределений, регрессионный анализ, факторный анализ, многомерное шкалирование и др.

Только знание этих методов позволит по-настоящему надежно и полно обработать исходные материалы, чтобы из базы данных сделать базу знаний, которую можно в дальнейшем использовать как модель для прогнозирования развития экологической ситуации и ее влияния на здоровье человека.

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 4

1. Перечислить основные глобальные результаты человеческой активности на Земном шаре.
2. В чем выражается прессинг растущей человеческой популяции на условия существования сложившихся биоценозов?
3. Чем вызвана необходимость непрерывного и тщательного контроля качества окружающей среды?
4. Что включают аналитические методы контроля окружающей среды?
5. Как идентифицируются и чем вызваны новые угрозы и риски в существовании человека?
6. Объясните появление биомониторинга как нового направления в контроле окружающей среды и покажите, чем именно биомониторинг отличается от аналитического мониторинга.
7. В чем состоит особенность эко-медицины по сравнению с традиционной медицинской наукой?
8. Что такое гомеостаз и какое отношение имеет это понятие к практике биомониторинга?
9. Поясните в чем состоит многоуровневый характер гомеостаза живых систем. Приведите примеры.
10. Перечислите требования, необходимые при сборе информации с использованием биомониторинга.
11. Расскажите об использовании биоиндикаторов и биомаркеров.
12. В чем причины высокой чувствительности микроорганизмов к изменениям условий окружающей среды.
13. Как действуют изменения в параметрах окружающей среды на микробные биоиндикаторы.
14. Расскажите о способности микроорганизмов аккумулировать загрязнения.
15. Биологические и химические показатели в биомониторинге при помощи лишайников.
16. Что такое биомаркеры? Приведите примеры использования биомаркеров в практической деятельности человека.
17. Особенности изменений параметров тестового организма во времени при взаимодействии с повреждающим агентом.
18. Применение биоиндикаторов и биомаркеров при интегральной оценке здоровья человека.
19. Что такое социально-эпидемиологическое благополучие региона?
20. Перечислите факторы внешней среды действующие на человека.
21. Что такое факторы риска?

22. Чем отличается вредный фактор от вредного воздействия.
23. Что такое опасный фактор? Когда вредный фактор становится опасным?
24. Дайте определение термина «риск».
25. Как определяют оценку влияния окружающей среды на организм человека?
26. Назовите индикаторы здоровья человека.
27. Что такое маркерные заболевания?
28. Перечислите требования к экспресс-диагностике.
29. Что такое медико-экологический мониторинг?

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Prasada Rao, K. Prasad, R. Kala, J. Mary Gladis. Biometric Sensors for Toxic Pesticides and Inorganics based on Optoelectronic/Electrochemical Transducers. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* 37, 191-210, 2007.
2. Jamil K. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment. 2001. Science Publishers, Inc Enfield-Plymouth , p.46.
3. А.П. Парахонский Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека, Успехи современного естествознания No 2, стр 21-28, 2007
4. Bioindicators&Biomonitor. Principles, Concepts and Applications. 2003. Eds B.A. Markert, A.M. Breure, Zechmeister. Elsevier, p4.
5. Altenburger R., Schmitt-Jansen M. Predicting toxic effects of contaminants in ecosystems using single species investigations. 2003, Bioindicators and Biomonitoring.
6. Markett B.A., Breure A.M., Zechmeister (Eds), Elsevier Science Ltd, pp. 153-198. Reference 7, p. 208
7. Kaiser Jamil. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assesment. 2001 Science Publishers, Inc. Enfield(NH), USA, Plymouth, UK
8. B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister. Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Chapter 1 in: Bioindicators & Biomonitor. Principles, Concepts and Applications. 2003. Eds B.A. Markert, A.M. Breure, Zechmeister. Elsevier, p. 3.
9. B. Markert, J. Oehlmann, J. Roth. 1997 General Aspects of Heavy Metal Monitoring by Plants and Animals. In: Subramanian, G. Iyengar, V(Eds). Environmental Biomonitoring- Exposure Assessment and Specimen Banking. ACS Symp. Ser. 654, American Chemical Society, Washington, DC.
10. Jordan D., Kremer R.J., Bergfield W.A., Kim K.Y., Cacnio V.N. 1995. Evaluation of microbial methods as potential indicators of soil quality in historical agricultural fields. *Biol. Fertil. Soils* 19, 297-302.
11. Wolterbeek H.T., Garty J., Reis M.A. and Freitas M.C. Biomonitor in use: lichens and metal air pollution. 2001. In: Bioindicators and biomonitor. Markert B.A, Breure A.M., Zechmeister (Eds), Elsevier Science Ltd, ,p.377.
12. Cislaghi C., Nimis P.L. Lichens, air pollution and 547.1998. *New Physiol.* 139, 537- lung cancer. 1997. *Nature*, 387, 463-464.
13. Kauppi M., Kauppi A., Garty J. Ethylene produced by the lichen *Cladina stellaris* exposed to sulphur and heavy-metal-containing solutions under acidic conditions. 1998. *New Phytol.*, 139, 537-547.
14. Garty J., Weissman L., Cohen Y., Karnieli A., Orlovsky L. Transplanted lichens in and around the Mount Carmel National Park and the Haifa Bay industrial region in Israel: physiological and chemical responses. 2001. *Environmental Research*, part A. 35, 159- 176.
15. Miller J.E., Brown D.H. Studies of ammonia uptake and loss by lichens. 1999. *Lichenologist*, 31, 85- 93.

16. Goyal R., Seaward M.R.D. Metal uptake. in terricolous lichens. 1. Metal localization within the thallus. 1981, *New Physiol.* 89, 631- 645.
17. Piervittori R., Usai L., Alessio F., Maffei M. Surface N-alkane variability in *Xanthoria Parietina*. 1996. *Lichenologist*, 28, 79- 87
18. Garty J., Tamir O., Hassid I., Eshel A., Cohen Y., Karniel A., Orlovsky L. Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, and Spectral Reflectance in Lichens Exposed to Air Pollution. 2001. *J. Environ. Qual.*, 30, 884- 893.
19. Taehanen S., Metsarinne, Holopainen T., Oksanen J. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. 1999. *Environmental Pollution*, 104, 121-129.
20. Welsman L., Fraiberg M., Shine L., Garty J., Hochman A. Responses of antioxidants in the lichen *Ramalina lacera* may serve as an early-warning bioindicator system for the detection of air pollution stress. 2006. *FEMS Microbiol. Ecol.* 58, 41-53.
21. Sancho L., De La Torre R., Horneck G., Ascaso C., De Los Rios A., Pintado A., Wierzcho J., Schuster M. Lichens survive in space: results from the 2005 LICHENS experiment. 2007. *Astrobiology*, 7, 443- 454.
22. Ю.Е. Абросимова, В.П. Ушаков Разработка перечня индикаторов здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды для использования в базах данных по оценке влияния окружающей среды на здоровье населения. 1998 / Web-Атлас «окружающая среда и здоровье населения России». www.sci.aha.ru/ATL/ra00.htm
23. Ревич веществами и экологически обусловленные изменения состояния здоровья населения в городах России// Материалы Всероссийской конференции по экологической безопасности// Москва, 4,5 июня 2002 года.
24. Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова Экологическая эпидемиология Учебник для ВУЗов. // Под ред. Б. А.Ревича. -М., Изд. "Академия", 2004, - 384 с.
25. Ревич Б.А., Быков А.А. Оценка смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна // Проблемы прогнозирования. 1998. №3, С.
26. Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Клюев Н.А., Бродский Е.С., Липченко Ю.Н., Музуров И.В., Зейлерт В.Ю. Диоксины в окружающей среде, в крови и грудном молоке жителей города Чапаевска // Гигиена и санитария, 2001, №6, С.6-11.
27. Здоровье населения г. Дмитровграда. Экологический анализ медико-статистических данных за 1970-2000 г. А.Д. Дороненко, Л.Г. Фалалеева, Е.М. Черкасова, 2002 г.
28. Уралышин А.Г. Изучение состояния здоровья населения и репродуктивной функции женщин в связи с влиянием факторов окружающей среды г. Карабаш. Отчет. Челябинск, 1993, -162 с.
29. Goncharov N.P., Nizhnik A.N., Dobracheva A.D, all. // *Organohalogen Compounds*. - 1999. - Vol.42. - PP.61 - 65.
30. Чуканин Н.Н., Васильев В.И. Окружающая среда и периферическая красная кровь// Экология и здоровье детей. 1998, С 285-309.
31. Юрченко В.В., Сычева Л.П., Ревазова Ю.А., Ревич Б.А., Журков В.С. Анализ частоты микроядер и ядерных аномалий в эпителиальных клетках слизистой щеки у женщин, контактирующих с диоксинами // Токсикологический вестник, 2000, №3. С.2 – 6.
32. Быков А.А., Ревич Б.А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России// Методика труда и промышленная экология. 2001, №5, С 6-10.
33. Дьячков М.П., Ефимов Н.В. Оценка риска для здоровья детей при воздействии метилированной ртутью// Гигиена и санитария, 2001, №2, С 49-51.
34. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир, 1997.- 232 с.

ГЛАВА 5 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Организационные принципы экологической диагностики. Система наблюдения и контроля за изменением состояния природной среды и локальными источниками воздействия. Системы организации экологического мониторинга. Единая государственная система экологического мониторинга. Физическая сущность и методы дистанционного зондирования Земли. Принципы тематического картографирования. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Принципы дешифрирования аэрокосмических снимков. Методология построения экспертных систем. Архитектура экспертных систем. Базы данных в экологическом мониторинге.

В данной главе авторами была предпринята попытка обобщить существующие организационные принципы, используемые при разработке, налаживании и функционировании систем диагностирования, опирающихся, прежде всего, на системы экологического мониторинга различного уровня, геоинформационные системы (ГИС) и дистанционные методы контроля (ДМК). Основу успешного диагностирования состояния природно-антропогенных систем обеспечивают информационные базы данных, на основании которых могут быть разработаны экспертные системы управления качеством окружающей среды.

5.1. Системы организации экологического мониторинга [1-4]

Фундаментом экологического мониторинга является прецизионные, аналитические приборы. Система мониторинга за состоянием окружающей среды должна удовлетворять запросы законодательных, юридических и планирующих органов, ученых, инженеров и групп со специальными интересами (например, различные общества охраны природы), а также индивидуальные потребности граждан.

Схема организации экологического мониторинга должна обеспечивать совмещение полей антропогенных воздействий и полей чувствительности биоты. Результатом такого совмещения должен являться прогноз откликов природных экосистем на антропогенные воздействия.

Резкое обострение в настоящее время взаимоотношений человека и окружающей среды требует принятия решений в области регулирования качества окружающей природной среды, которые могут базироваться лишь на точном количественном анализе процессов, протекающих в биосфере, и, в частности, на количественном прогнозе конечного результата экзогенной сукцессии.

Характерной чертой экологического мониторинга является комплексность подхода. Основу экологического мониторинга должны составлять модели нового типа, которые условно можно назвать оптимизационными. По данным экологического мониторинга производится количественная оценка антропогенных изменений биоты.

5.1.1 Система наблюдения и контроля за изменением состояния природной среды и локальными источниками воздействия [2,3]

Организация широких наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды и источниками воздействий должна обеспечивать контроль следующих факторов и эффектов:

- изменений состояния среды, характеризуемых геофизическими и физико-географическими данными;
- изменений состояния среды, характеризуемых данными о составе и характере загрязнений;
- локальных источников загрязнений;
- реакции биоты на изменения состояния окружающей среды;
- реакции крупных систем (погоды, климата) на изменения состояния природной среды.

При организации мониторинга систему наблюдений считают приоритетной. Эта система строится либо на основе дискретных в пространстве измерений, включая дистанционные наблюдения (на станциях), либо на основе площадных съемок. Получение интегральных показателей (количества загрязняющих веществ, выброшенных данным источником за какое-то время или распространившихся на определенной площади) является важнейшим звеном в системе наблюдений. Для этих целей весьма перспективным представляется использование новейших технических средств (автоматизированных систем, лазерных и локационных методов, спутниковых данных).

5.1.2 Организация глобальной системы мониторинга [1]

Загрязнение территорий других государств вызвано способностью многих веществ спонтанно распространяться на большие расстояния, за пределы национальных границ. Поражения живой природы в результате этого явления привели к организации крупномасштабных исследований трансграничного переноса загрязнений. Проведение таких исследований оказалось возможным лишь при международном сотрудничестве многих государств. Поэтому в 1971 году Международный совет научных союзов впервые сформулировал принципы построения глобальной системы мониторинга состояния биосфера [5]. Специальная комиссия научного комитета по проблемам окружающей среды СКОПЕ издала в 1971 году брошюру под названием «Global environmental monitoring», в которой, обстоятельно рассмотрела современные проблемы окружающей среды и выдвинула предложение о необходимости проведения многих мероприятий. В разделе «Мониторинг – основные соображения» было указано, что вся система контроля над окружающей средой включает три основные типа деятельности:

- систематические наблюдения за состоянием окружающей среды;
- определение возможных изменений (особенно под воздействием человека);
- мероприятия по управлению окружающей средой.

В 1972 году Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде одобрила основные принципы построения глобальной системы мониторинга и рекомендовала организацию станций наблюдения за загрязнением биосфера, а также поставила перед органами ООН (ВОЗ, ФАО, ВМО, ЮНЕСКО и др.) задачи по созданию международной системы мониторинга окружающей среды [6,7].

В рамках Программы ООН по проблемам окружающей среды ЮНЕП в 1973-1974 гг. были разработаны основные положения создания Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС), основной целью которой определено предоставление информации, необходимой для обеспечения настоящей и будущей защиты здоровья, благополучия, безопасности людей и управления окружающей средой.

В 1975 году Совет управляющих ЮНЕП совершенствует списки определяемых загрязнителей, дает рекомендации по расположению станций фонового мониторинга в биосферных заповедниках, намечает планы развития ГСМОС, включая совершенствование имитационных моделей и разработку стратегии управления окружающей средой.

В 1979 г. в Женеве на Общеевропейском совещании по охране окружающей среды была подписана Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, на основе которой принимается и развивается Совместная программа наблюдений и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе (ЕМЕП). В ней участвует 28 европейских стран, США и Канада.

Программа ЕМЕП включает:

- отбор проб, их анализ и определение химических характеристик;
- сбор данных о выбросах;
- построение математических моделей для оценки трансграничных потоков;

- сопоставление экспериментальных и расчетных данных и их анализ.

Целью Программы ЕМЕП является предоставление правительству информации о переносе в атмосфере загрязняющих веществ через границы государств и вкладе в этот перенос внутренних и внешних источников различных государств.

Информация, получаемая в рамках Программы ЕМЕП, дает основу для проведения долговременных оценок экологических последствий антропогенного загрязнения окружающей среды.

Проблемы ГСМОС разрабатываются и решаются и в ряде других международных программ. Международный союз охраны природы, работающий под эгидой ООН с 1948 года, разработал Всемирную стратегию охраны природы. В рамках Международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ) с 1970 года изучается воздействие загрязнителей на наземные и пресноводные экосистемы, ведется подготовка специалистов. ВМО обеспечивает глобальный мониторинг Мирового океана.

В 1990 г. Международный центр научной культуры – Всемирная лаборатория предлагает проект «Глобальный экологический мониторинг» с использованием военных спутниковых технологий. С 1992 г. в этом проекте участвует Российская Федерация, США, Украина, Казахстан, Литва и Китай.

В июне 1992 г. Конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, в которой участвовали главы большинства государств и правительств мира, призвала мировое сообщество «перейти на рельсы устойчивого развития, при котором потребности сегодняшнего населения планеты будут удовлетворяться не в ущерб будущим поколениям, а экономический рост будет сочетаться с решением социальных проблем и сохранением окружающей среды».

5.2. Система организации экологического мониторинга в России

Для интеграции разрозненных данных многолетних наблюдений за состоянием окружающей среды было принято постановление "О создании Единой государственной системы экологического мониторинга России" (ЕГСЭМ). [8,9]

ЕГСЭМ предусматривает обеспечение информационного управления в области охраны окружающей среды, экологически безопасное развитие регионов и страны на основе регионального использования природных ресурсов. Основными задачами ЕГСЭМ являются:

- обеспечение эффективного функционирования системы наблюдений за состоянием окружающей природной среды;
- организация государственного фонда данных по окружающей среде и природным ресурсам;
- проведение комплексных оценок состояния окружающей среды в пределах территории страны;
- прогнозирование развития экологической обстановки в России.

ЕГСЭМ функционирует на основе территориально-ведомственного принципа построения и функционирует на двух основных уровнях – федеральном и субъектов Российской Федерации. Данные мониторинга природных сред и ресурсов собираются в информационно-аналитических центрах подсистем ЕГСЭМ федерального и территориального уровней. Информационно-аналитические центры подсистем ЕГСЭМ осуществляют аналитическую обработку данных с формированием тематических и геоинформационных систем на основе цифровых электронных карт.

В рамках ЕГСЭМ функционируют региональные государственные системы экологического мониторинга, учитывающие ландшафтные и климатические особенности территорий, местное загрязнение атмосферного воздуха, воды и почвы, акустические и электромагнитные поля, радиационную обстановку.

В России организационной формой ЭМ является Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ).

Формируемая ЕГСЭМ включает в себя следующие компоненты:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на ОС;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента природной среды;
- мониторинг биотического компонента окружающей природной среды;
- социально-гигиенический мониторинг;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.

В России экологическим мониторингом фактически руководят два специальных государственных органа, на которые возложены следующие основные функции:

- Росгидромет – организация мониторинга состояния окружающей природной среды, ее загрязнения (атмосферы, поверхностных вод, морской среды, почв, континентального шельфа, исключительной экономической зоны, околоземного космического пространства), радиационной обстановки на поверхности Земли и в околоземном космическом пространстве, комплексного фонового мониторинга и космического мониторинга состояния природных объектов, формирование и обеспечение деятельности и охраны государственной наблюдательной сети, ведение Единого государственного фонда данных о состоянии ОПС, ее загрязнении, а также централизованного учета экологической информации [6,7];
- Министерство природных ресурсов (МПР) РФ – общая координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга ОПС, организация мониторинга источников антропогенного воздействия на ОС, мониторинга животного и растительного мира. В работе ЕГСЭМ принимают участие: Санитарно-эпидемиологическая служба Минздрава России (осуществление мониторинга воздействия вредных факторов среды обитания на состояние здоровья населения);
- Росземкадастр (мониторинг земель);
- Госгортехнадзор России (координация развития и функционирования мониторинга геологической среды, связанного с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности, а также осуществление мониторинга промышленной безопасности, за исключением предприятий Минобороны и Минатома России);
- Росатом России (мониторинг радиационно-опасных объектов и территорий);
- Минобороны России (осуществление мониторинга окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах, а также обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения);
- Минсельхоз России (обеспечение создания и функционирования отраслевой системы мониторинга окружающей природной среды, животных и растений на землях сельхоз назначения);
- Госкомрыболовства России (мониторинг рыб и других гидробионтов); Роскартография (осуществление топографо-геодезического и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем (ГИС).

Технологии экологического мониторинга (ЭМ) охватывают разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценку и выработку рекомендаций и управляющих воздействий в природно-техногенной сфере.

Отличительной особенностью экологического мониторинга локального уровня является тесная связь системы контроля источников эмиссий и их воздействия на окружающую среду с технологическими процессами объекта [3].

ЕГСЭМ в настоящее время решает следующие задачи:

- разработка программ наблюдения за состоянием окружающей природной среды на территории России, в ее отдельных регионах и районах;
- организация наблюдений и проведение измерений показателей объектов экологического мониторинга;
- обеспечение достоверности и сопоставимости результатов наблюдений по всей территории России;
- сбор и обработка результатов наблюдений;
- организация хранения результатов наблюдений, ведение специальных банков данных, характеризующих экологическую обстановку на территории России в целом и отдельных ее районах;
- гармонизация банков и баз экологической информации с международными эколого-информационными системами;
- оценка и прогноз состояния объектов окружающей природной среды и антропогенных воздействий на них, состояния природных ресурсов, откликов экосистем и показателей здоровья населения на изменения в окружающей природной среде;
- организация и проведение оперативного контроля, измерений [радиоактивного и химического загрязнения](#) ОС, образовавшегося в результате аварий и катастроф, а также прогнозирование экологической обстановки и оценка нанесенного природе ущерба;
- обеспечение доступности интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей, включая население, общественные движения и организации; информационное обеспечение органов управления информацией о состоянии окружающей природной среды, качестве и количестве природных ресурсов и показателях экологической безопасности;
- разработка и реализация единой научно-технической политики в области экологического мониторинга.

В структуре ЕГСЭМ существуют тематические и территориальные подсистемы экологического мониторинга.

Тематические подсистемы осуществляют наблюдение и контроль состояния отдельных объектов. Каждая тематическая система состоит из одной или нескольких ведомственных (специализированных) систем наблюдения и контроля, объединенных по принципу «общности объекта» мониторинга. Информация, получаемая в тематических подсистемах, интегрируется информационно-аналитическими центрами отраслевых подсистем ЕГСЭМ.

К тематической подсистеме относится государственный мониторинг объектов животного мира, который Федеральным законом «О животном мире» определяется как система регулярных наблюдений за распространением, численностью, физическим состоянием объектов животного мира, структурой, качеством и площадью среды их обитания.

Государственный мониторинг водных объектов, запасов поверхностных и подземных вод осуществляют МПР России. Это министерство вместе с другими федеральными органами исполнительной власти (прежде всего с Росгидрометом и Санэпидемслужбой Минздрава России) принимает совместные решения по вопросам ведения мониторинга отдельных природных ресурсов (кроме атмосферы), организации мониторинга источников антропогенного воздействия на ОПС, мониторинга недр, животного и растительного мира (включая леса), а также создания геоинформационных систем (ГИС) по видам природных ресурсов.

Территориальные подсистемы ЕГСЭМ создаются в соответствии с административным делением РФ. Построение таких подсистем реализует иерархический принцип и когда экологическая обстановка этого требует – в городах и районах создаются отдельные подсистемы экологического мониторинга соответствующего уровня.

В ЕГСЭМ осуществляется методологическое и информационное сопряжение территориальных и ведомственных ее подсистем. В основе организации информационного сопряжения лежит сеть информационно-аналитических центров различных государственных органов, входящих в систему.

В рамках ЕГСЭМ следует рассматривать и производственный мониторинг окружающей среды, означающий, что природопользователи обязаны сами вести учет и осуществлять отчетность о воздействии осуществляющей ими хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Структурными звеньями любой подсистемы ЕГСЭМ являются:

- измерительная система (средства и методы измерения);
- информационная система (базы и банки данных технико-экономической, правовой, санитарно-гигиенической, медицинской и биологической направленности);
- системы моделирования и оптимизации показателей наблюдаемых объектов;
- системы восстановления и прогноза полей экологических и метеофакторов;
- система подготовки решений и доведения их (а также самой экологической информации) до потребителей.

Построение измерительного комплекса систем ЭМ основывается на использовании точечного и интегрального методов измерений с помощью стационарных (стационарные посты наблюдения) и мобильных (автомобили-лаборатории и аэрокосмические средства) технических средств измерений. Следует отметить, что обычно используются локальные («точечные») средства, а дистанционные (аэрокосмические) привлекаются значительно реже – при необходимости получения крупномасштабных сведений и интегральных показателей состояния ОС.

Получение информации обеспечивается тремя группами приборов, измеряющими: фоновые показатели (обычно на минимальном уровне содержаний), фактические концентрации загрязняющих веществ вблизи источников загрязнения ОС или в местах работы и проживания населения, а также метеорологические характеристики (скорость и направление ветра, температуру, давление, влажность атмосферного воздуха и пр.). Использование в измерительном комплексе современных контроллеров, решающих вопросы сбора информации с датчиков, первичной ее обработки и передачи потребителю с помощью модемной телефонной и радиосвязи или по компьютерным сетям, значительно повышает оперативность системы за счет ее автоматизации.

Система экологического мониторинга предусматривает не только контроль состояния ОС и здоровья населения, но и возможность активного воздействия на ситуацию. При использовании верхнего иерархического уровня ЕГСЭМ (сфера принятия решения), а также процедур государственной экологической экспертизы и ОВОС появляется возможность управления источниками загрязнения на основании результатов математического моделирования деятельности промышленных объектов или регионов. Экологический мониторинг предусматривает также расчеты и разработку математических моделей промышленных объектов и территорий с различной глубиной их проработки.

Моделирование обычно осуществляется на двух уровнях.

Первый уровень обеспечивает моделирование технологических процессов отдельных производств (промышленных предприятий) с учетом локальных влияний частных параметров этих процессов на окружающую среду.

Второй уровень математического моделирования обеспечивает эквивалентное моделирование на основе общих показателей работы группы промышленных объектов (промзон) и степени их воздействия на ОС. Такие эквивалентные модели необходимо иметь прежде всего на уровне администрации региона с целью оперативного прогнозирования экологической обстановки, а также определения размера затрат на уменьшение количества вредных выбросов в окружающую среду.

В рамках первого подхода, получившего в настоящее время более широкое распространение и нашедшего отражение при разработке ряда нормативных методик (например, [ОНД-86](#)), искомые поля

определяются не по данным их прямых измерений, а в результате решения уравнений, описывающих с той или иной степенью приближения рассеяние примесей в атмосфере или водной среде.

В большинстве других случаев при нахождении полей концентраций загрязняющих веществ целесообразно использовать второй подход, базирующийся на восстановлении искомых полей по данным прямых измерений.

5.3. Дистанционные методы зондирования Земли [10]

5.3.1 Физическая сущность дистанционного зондирования

Дистанционные методы контроля широко используются в экологической диагностике. Они основаны на изучении закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с объектами окружающей среды. Все природные объекты способны отражать, поглощать или излучать электромагнитные волны характеристическим образом. Регистрация их электромагнитного излучения на расстоянии, включая ближний космос, является задачей [дистанционного зондирования Земли \(ДЗЗ\)](#).

Физические процессы, имеющие место при дистанционном зондировании, могут быть описаны с помощью следующих формул:

$$J = \varpi v \quad (5.1)$$

$$v = c / \sqrt{\epsilon \mu} \quad (5.2)$$

$$\text{Закон Вина} - \lambda_{\max} = b/T \quad (5.3)$$

$$W = \epsilon \sigma T^4 \quad (5.4)$$

$$\text{Закон Планка} - W(\lambda) = \frac{3,74151 \cdot 10^8}{\lambda^5 \{ \exp[(1,43879 \cdot 10^4) / \lambda T] - 1 \}} \quad (5.5)$$

На рис. 5.1 показано, что в зависимости от длины волны или частоты спектр электромагнитных излучений можно разделить условно на следующие диапазоны: рентгеновский, ультрафиолетовый, видимый, инфракрасный, микроволновый, радиоволновый.



Рис. 5.1. Диапазоны спектра электромагнитных излучений

Если учесть поглощение атмосферы, то наиболее приемлемыми на данном этапе развития аппаратных средств приема информации следует считать диапазоны: видимый 0,4-0,7 мкм; отраженный инфракрасный 0,7-3 мкм; тепловые инфракрасные 3-5 мкм, 8-14 мкм; радиоволновый 30-3000 мм [38].

Основным фильтром отраженных и собственных излучений природных объектов является атмосфера Земли.

Излучение в определенных диапазонах спектра в той или иной степени поглощается атмосферными газами: O_2 , O_3 , CO_2 , парами H_2O , ионами и пылеобразными частицами. Диапазоны минимального поглощения образуют окна прозрачности атмосферы, через которые излучение доходит до бортовых приемников спутника. Излучение с $\lambda < 3$ мм интенсивно рассеивается и поглощается частицами воды в облаках и тумане. Собственное тепловое излучение объектов $\Delta \lambda = 3-5$ и $\Delta \lambda = 8-14$ мкм, а также микроволновое $\Delta \lambda = 3-1000$ мм проходит без значительного поглощения в атмосфере.

При дистанционном зондировании Земли можно использовать естественный источник излучения – Солнце. Поверхность Солнца имеет температуру $\lambda 6000$ К, что обеспечивает излучение в: УФ-видимом и ИК-диапазонах. В солнечном спектре преобладающими для человеческого глаза являются волны $\lambda = 0,5$ мкм, зеленый свет. Температура поверхности Земли составляет около 300К. Согласно закону смещения Вина преобладающая длина волны находится в области теплового инфракрасного излучения электромагнитного спектра. (9,7 мкм). Энергию излучения Земли проще зарегистрировать ночью, так как она имеет гораздо меньшую интенсивность по сравнению с отраженной солнечной энергией. При дистанционном зондировании длины волн $\Delta \lambda 2,5$ мкм используются как предельные для регистрации отраженной солнечной энергии, а волны $\Delta \lambda 6$ мкм – как нижний порог для фиксируемой тепловой самоизлучаемой энергией. Волны в диапазоне $\Delta \lambda = 2,5-6$ мкм по своей природе обусловлены отраженной солнечной энергией и собственным излучением Земли.

Определенное количество энергии отражается поверхностью Земли, часть излучения проникает в облучаемые объекты в виде рефракционного волнового фронта, который может быть поглощен или пропущен в зависимости от природы материалов и длины волн излучения.

Отражение энергии зависит от свойств поверхности этих предметов по отношению к воздействующим на них электромагнитным волнам. Если поверхность гладкая то, имеет место зеркальное отражение. Равномерное отражение (диффузное рассеяние) от земных объектов дает информацию о цвете объекта, что очень важно при дистанционном зондировании. Для количественной оценки степени

отражения энергии, излучаемой обратно в космическое пространство используется коэффициент отражения, или альбедо.

Общая схема взаимодействий в энергетической цепи имеет вид: источник энергии – фильтрующая среда – объект исследования – поглощенная, отраженная, генерированная энергия – фильтрующая среда – приемник энергии [38] (рис. 5.2). Эта цепь энергетических взаимодействий определяет тип зондирования, который может быть активным или пассивным.

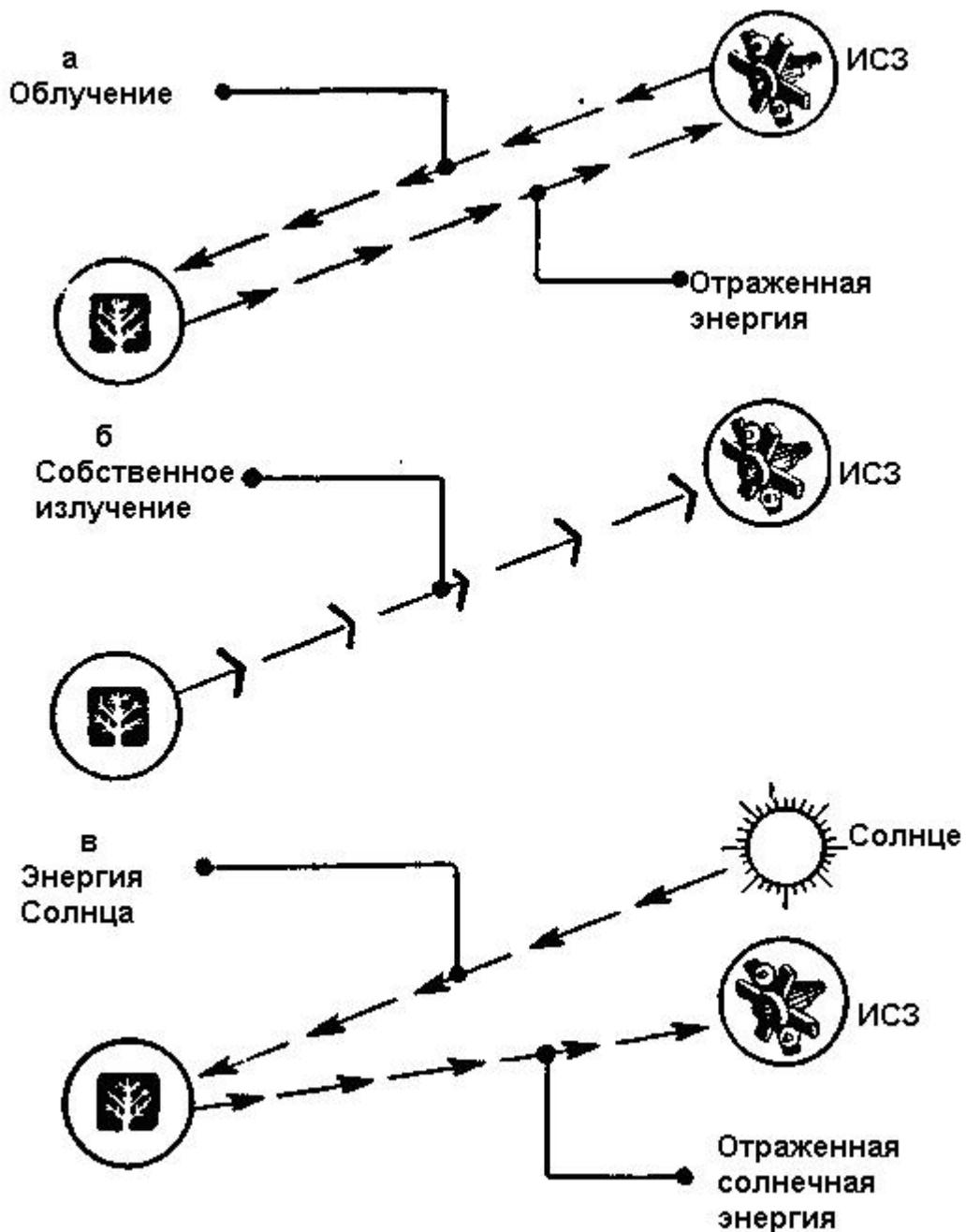


Рис. 5.2. Виды зондирования: а- активное; б - пассивное с регистрацией собственного излучения; в- пассивное с регистрацией отраженного излучения Солнца

При активном зондировании (а) используется искусственное зондирующее облучение и видоизмененный отраженный сигнал, который и несет полезную информацию об объекте исследования. Пассивное зондирование может быть двух типов: в варианте (б) исследуется собственное излучение исследуемого объекта, а в случае вариантов (в) используется луч Солнца в качестве зондирующего сигнала, а отраженный сигнал дает необходимую информацию о наблюдаемом объекте.

5.3.2 Фотографическое зондирование Земли из космоса [10]

Сложность задач, решаемых космической фотосъемкой вызывают необходимость использования комплексных технических средств для их решения.

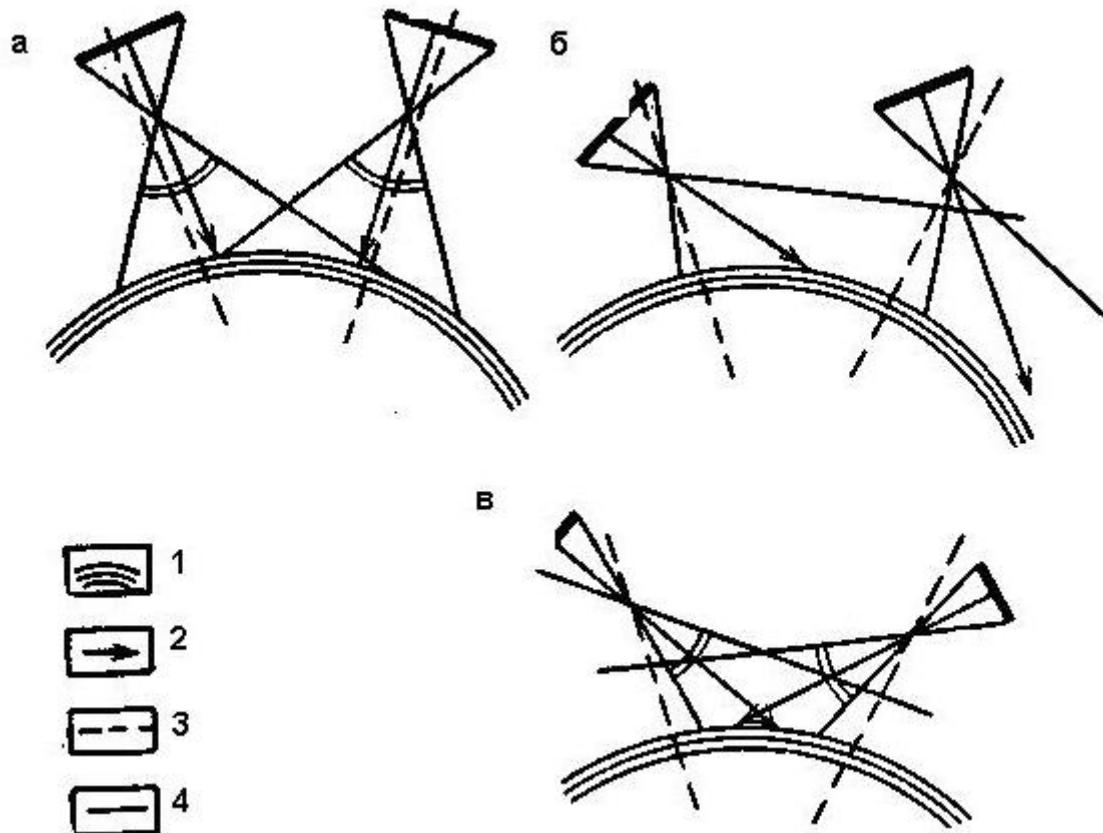


Рис. 5.3. Схема съемки: а - плановая; б - перспективная; в - конвергентная: 1 - земная поверхность, 2 - направление оптической оси, 3 - местная вертикаль, 4 - проектирующие лучи

Пучок проектирующих лучей может занимать различное положение относительно местной вертикали, поэтому различают плановую, перспективную или конвергентную съемки (рис. 5.3).

При плановой съемке, оптическая ось фотокамеры должна практически совпадать с местной вертикалью или незначительно отклоняться от нее. Перспективное фотографирование обеспечивает расширение полосы обзора земной поверхности. Конвергентная стереокосмическая съемка позволяет повысить точность измерений высот рельефа и размеров объектов местности.

Для регистрации световых сигналов применяется черно-белые, цветные и в спектрональные пленки для длин волн от 450 до 950 нм.

Для повышения избирательной способности изображений были созданы многозональные аппараты, производящие фотографирование в нескольких достаточно узких интервалах спектра.

Метод многозонального фотографирования Земли был создан при участии русского астронома Г.А. Тихова (1911г.) и В.А.Фааса (1939г.) В 1940 г. В.А. Фаас установил, что наиболее целесообразно фотографировать летний природный ландшафт в двух зонах: при $\lambda = 650$ нм и в ближнем ИК-диапазоне, для чего следует использовать комбинацию панхроматического и инфрахроматического материалов.

В 1955-1956гг. А.Н. Иорданским был предложен метод двухзонального цветного фотографирования, получивший название спектрональной фотографии.

Принцип многозонального фотометрического фотографирования заключается в том, что одновременно с фотографированием объектов с неизвестным спектральным составом излучения на этот же кадр или фильм фотографируется эталон.

Энергетическая яркость может быть представлена в относительных единицах, например в виде коэффициента спектральной яркости, который характеризует отношение яркости объекта к яркости поверхности, идеально отражающей излучение соответствующего спектрального состава.

Для каждой задачи исследований и конкретных физико-географических условий выбирается один профилирующий канал, дающий наибольший объем информации. Другие каналы съемки служат для получения недостающих сведений и повышения надежности дешифрирования изучаемых объектов, процессов или явлений изучаемых объектов (рис. 5.4).

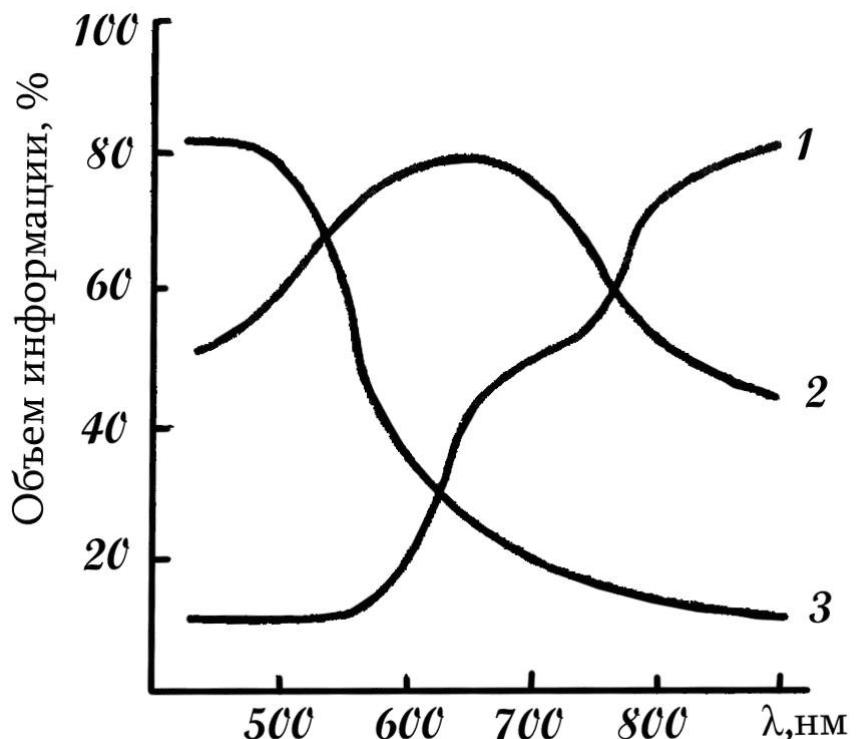


Рис. 5.4. График информативности спектральных диапазонов: 1- тектоническое строение зеленых районов; 2- инженерные сооружения; 3- шельф

Число условных цветных изображений, которые могут быть синтезированы по многозональным съемкам, определяется числом каналов по многозональным съемкам и применяемых фильтров. Это позволяет синтезировать позитивные и негативные изображения, варьировать резкость каждого канала, применять как сложение, так и вычитание цветов.

В ближнем ИК-диапазоне 0,7 – 0,9 мкм в основном фиксируется собственно земная поверхность, а изображение растительного покрова сильно ослаблено. Отчетливо регистрируются береговые линии водоемов и водотоков, прослеживаются окна болот, ручьи и реки, скрытые пологом деревьев. Снимки в ближнем ИК-диапазоне эффективно используются для дешифрирования тектонического строения территории, картографирования гидрографической сети, тепловых аномалий, изучения геокриологической обстановки и др.

Фотоизображения, полученные в диапазоне волн 0,45-0,6 мкм, больше чем в других диапазонах содержат сведения о подводном рельефе.

При выборе спектрального диапазона фотографирования необходимо учитывать: спектральные отражательные характеристики объекта, фона и спектрального пропускания атмосферы. Анализ приведенный, на рис. 5.5 показывает, что для более четкого выделения леса на фоне песка при фотографировании из космоса лучше всего использовать зону 600-700нм, а для разделения лиственного хвойного лесов могут быть два решения: фотографирование в ИК-диапазоне 700-800 нм или в зоне 500-600 нм.

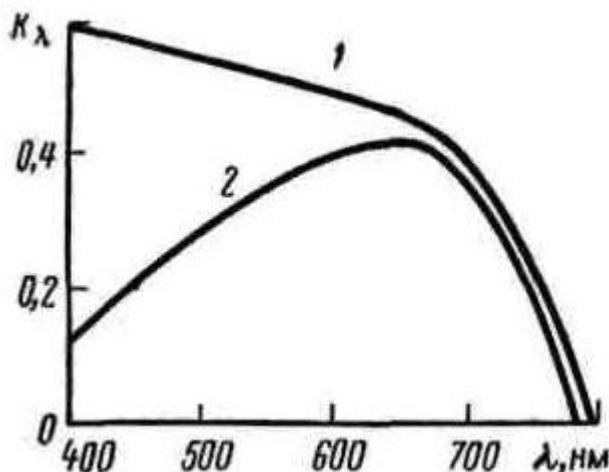


Рис. 5.5. График спектрального контраста хвойного леса на фоне сухого песка

По спектральным характеристикам коэффициент пропускания слоя воды толщиной 10 м можно составить представление о методах фотографирования сквозь толщину воды при изучении шельфа.

5.3.3 Оптико-электронные и сканирующие системы [10]

В оптико-электронных и сканирующих системах в качестве чувствительных элементов квантовых приемников используются [фотоэмиссионные](#) и [твердотельные детекторы](#).

Фотоэмиссионные [детекторы](#) обеспечивают регистрацию видимых, ультрафиолетовых и инфракрасных волн ближнего диапазона до 1000 нм. Твердотельные детекторы достаточно чувствительны к большим длинам волн, вплоть до десятков микрометров, и могут обеспечивать регистрацию не только видимого, но и всего инфракрасного диапазона электромагнитных излучений. Твердотельные детекторы изготавливаются из кремния и германия с различными присадками.

Фотографические и телевизионные системы зондирования регистрируют излучение с максимальной длиной волны порядка 8-1,0 мкм, а сканирующие приемники фиксируют энергетический поток в видимом диапазоне, а также собственное излучение предметов с длиной волны в единицы и десятки микрометров. Этот диапазон зондирования информативен для решения широкого круга задач от выявления месторождений нефти, газа, термальных вод до обнаружения источников загрязнения окружающей среды. Один из вариантов сканирующего приемника состоит из вращающегося зеркала, устанавливаемого под углом 45° к направлению вращения, перпендикулярному к плоскости орбиты, и детекторов, чувствительных к излучению определенных длин волн (рис. 5.6)

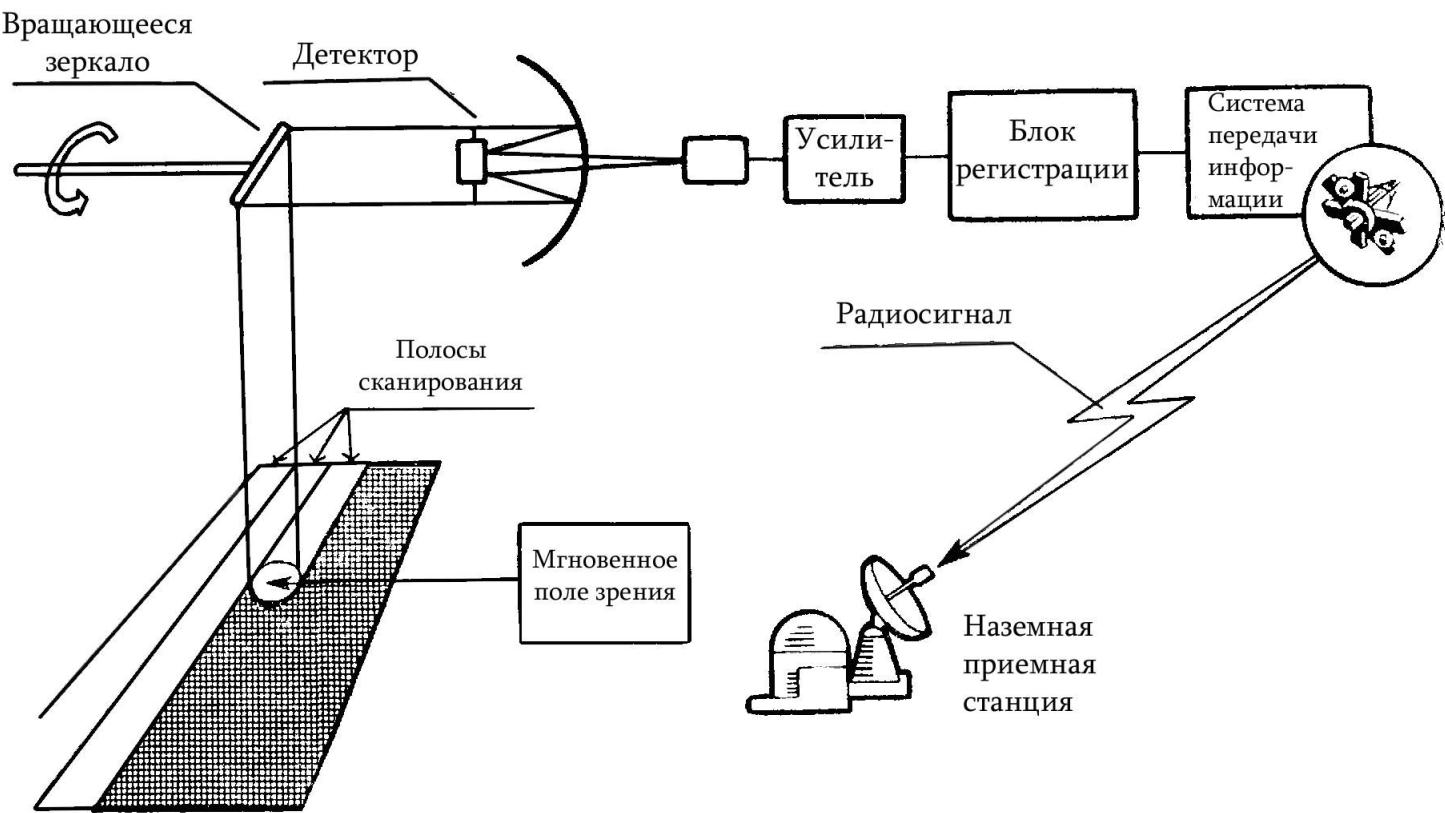


Рис. 5.6. Схема функционирования сканирующей системы

Зеркало проецирует поступающую энергию на детекторы, в которых возбуждается электрический сигнал, который усиливается, преобразуется и затем транслируется по радиоканалам на наземные приемные устройства.

Первичное изображение полосы зондирования (рис. 5.7) содержит искаженные образы объектов вследствие нелинейной зависимости между скоростью сканирования в различных зонах обзора.

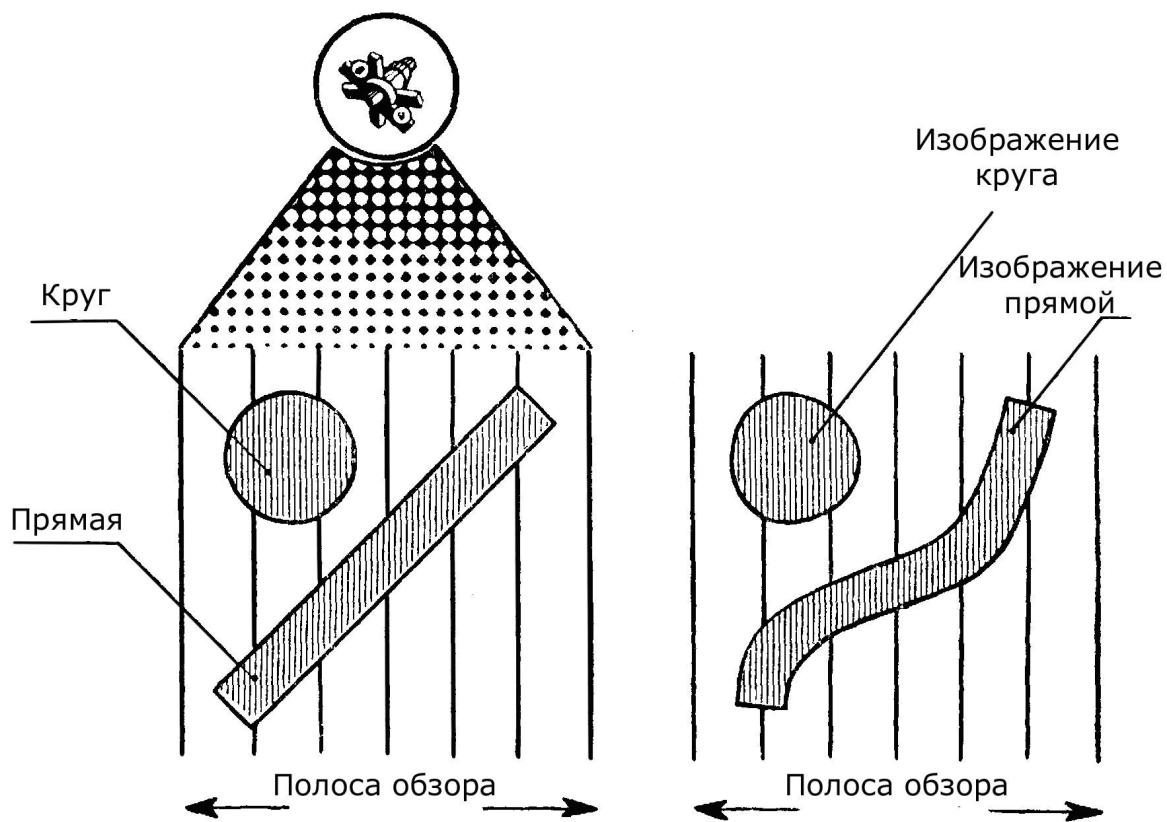


Рис. 5.7. Схема искажений сканерного изображения

Детекторы сканирующего приемника выбираются в зависимости от требуемого диапазона зондирования. При тепловой съемке в ИК-диапазоне в окно прозрачности атмосферы 7–14 мкм применяют детекторы из ртуть-кадмий-теллурида или германия с включениями ртути, в окне прозрачности 1–5,5 мкм – из арсенида индия или антимонида индия.

Проще и надёжнее для сканирования использовать в качестве чувствительного компонента линейки, смонтированные из большого количества кристаллических детекторов. На линейку (рис. 5.8) проецируется изображение местности и с каждого детектора снимается электрический сигнал, характеризующий принятый им энергетический поток.

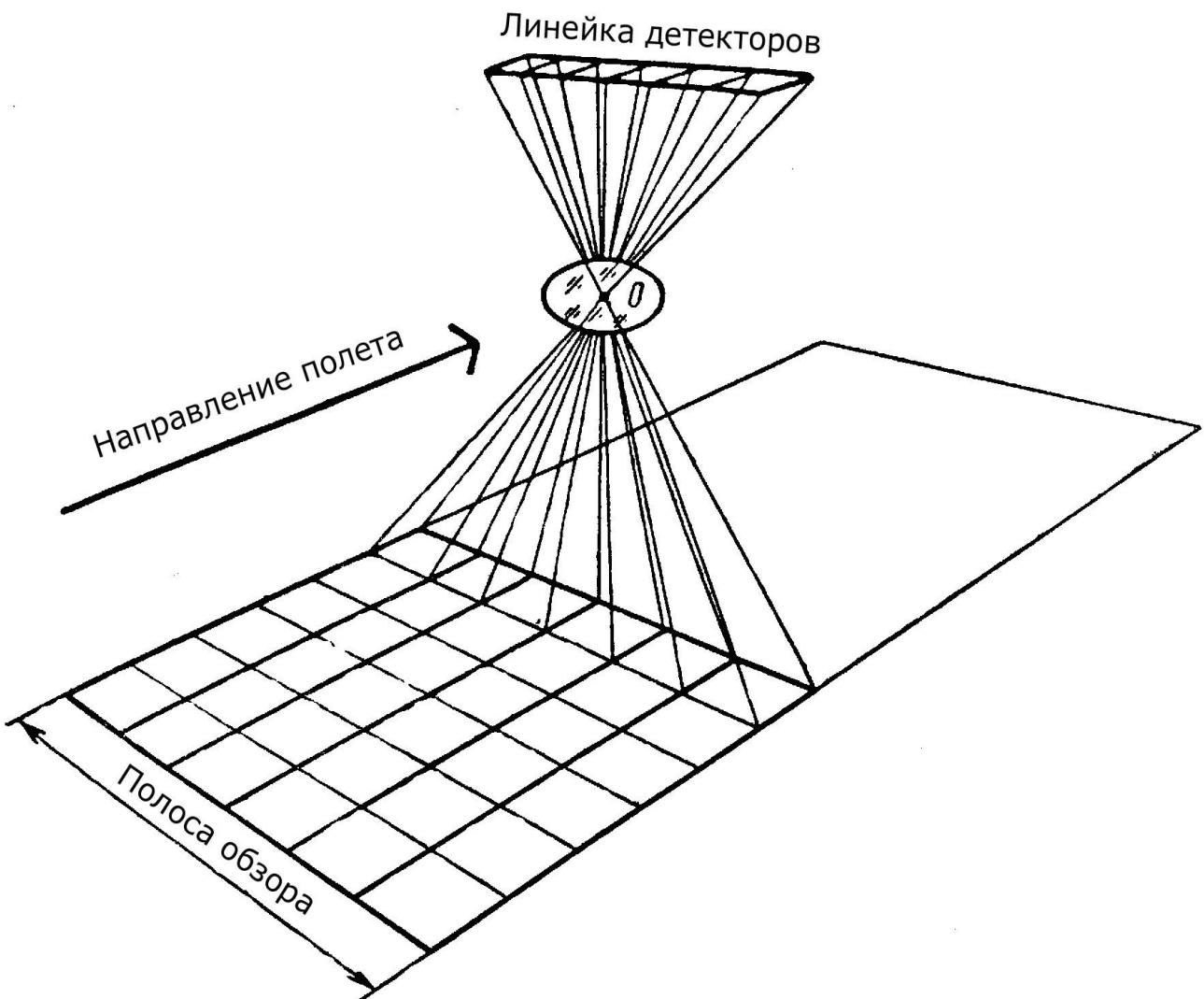


Рис. 5.8. Схема сканирования линейкой кристаллических детекторов

5.3.4 Микроволновое зондирование [10]

Природные объекты обладают естественным микроволновым излучением в диапазоне длин $\Delta \lambda = (1-10) \cdot n$, мм. Электрические свойства природных образований характеризуются определенной диэлектрической постоянной и их температурой. Например, диэлектрическая постоянная большинства природных объектов составляет от 2 до 10, а для воды при 20 °C – около 80 при частоте 1 ГГц. Это используется для микроволнового зондирования объектов, связанных с присутствием воды в естественных объектах.

Низкочастотные микроволны дают возможность определять изменение количества влаги в исследуемых объектах. Это важно для разведки месторождений пресных вод, определения оптимальных сроков начала посевных работ, осуществления мелиоративных мероприятий и т.д.

Микроволновое излучение проникает через непрозрачную для оптического диапазона атмосферу, т. е. через туман, дымку, облака.

5.3.5 Активное радиолокационное зондирование [10]

Активное радиолокационное зондирование выполняется по схеме (рис. 5.9): излучение импульса электромагнитной энергии в радиоволновом диапазоне – прохождение этим импульсом

расстояния до исследуемых объектов – отражение (поглощение) волн объектом, возвращение отраженной энергии – регистрация отраженного сигнала.

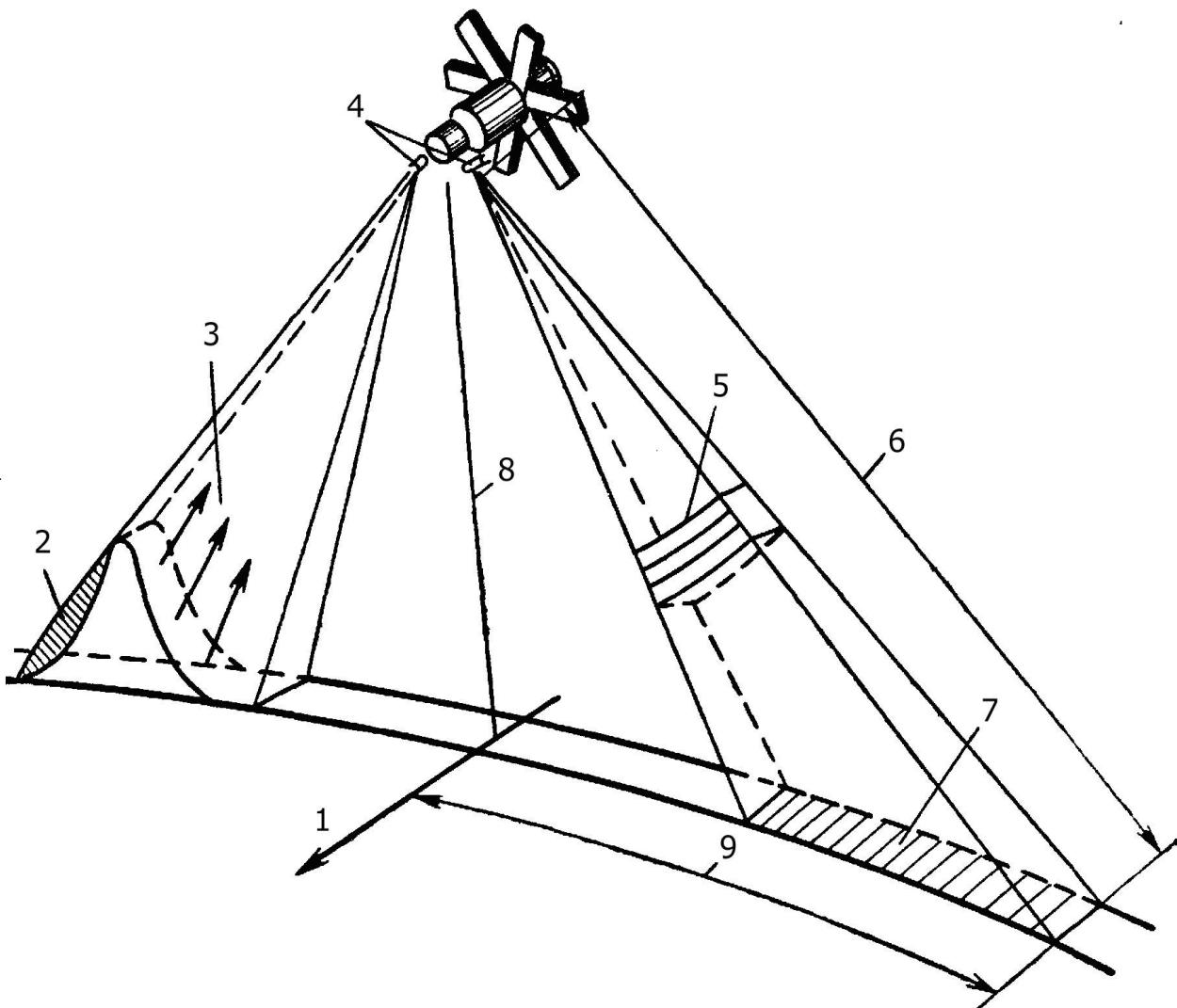


Рис. 5.9. Схема зондирования радиолокационной системой бокового обзора: 1 – направление полета; 2 – зона радиотени (нулевой информации); 3 – отраженные сигналы; 4 – антенна; 5 – импульс радиоволн; 6 – наклонная дальность; 7 – поверхность отражения сигнала; 8 – местная вертикаль; 9 – горизонтальная дальность

Регистрируемыми параметрами возвращенного импульса энергии являются: время (расстояние) прохождения импульса от генератора до приемника излучения, интенсивность принятого сигнала, дислокация облученного объекта в системе координат радиолокатора. В итоге радиолокационной съемки формируется изображение местности, регистрируемой на электронно-лучевой трубке или машинных носителях.

Этот метод применим при любых погодных сезонных и суточных изменениях, обладает высокой чувствительностью и возможностью подповерхностного зондирования.

Пространственное разрешение получаемых изображений зависит от параметров. Чем меньше длительность размер импульса по ширине и тем выше разрешающая способность радиолокационной съемки. Для формирования узконаправленного сигнала используются крупногабаритные антенны, применение которых на космическом аппарате ограничено. Поэтому целесообразно использовать антенны с синтезированной апертурой (рис. 5.10)

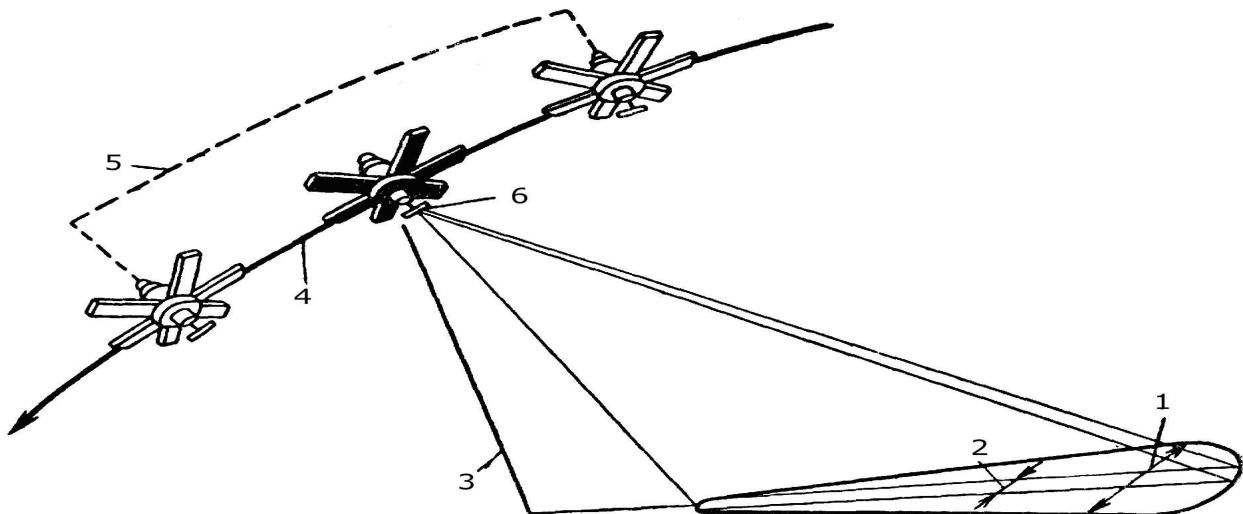


Рис. 5.10. Схема работы антенны с синтезированной апертурой: 1,2 – диаграмма луча (1 – реального, 2 – синтезированного); 3 – местная вертикаль; 4 – направление полета; 5 – синтезированная антенна; 6 – реальная антенна РЛС БО

Радиолокационные системы обладают высокой чувствительностью к состоянию поверхности наблюдения и к содержанию влаги в почве, растительности и снегах.

Дистанционное зондирование широко в различных областях. В гидрологии могут изучаться ветровые волнения и зыбь, гидрологические фронты, вихри и ринги, динамика течений, поверхностные проявления внутренних волн и рельефа дна, загрязнения морской поверхности, границы разлива рек и водоемов;

- установленные структуры геологических образований для описательной и динамической геологии.
- в сельском хозяйстве и землепользовании проводилось радиолокационное картографирование полей и сельскохозяйственных угодий с целью получения данных по состоянию посевов, оценки увлажненности почв и заболоченности, уточнения границ полей и лесных массивов;
- получение изображения поверхности Земли в труднодоступных районах, в том числе там, где фотосъемка затруднена из-за постоянного облачного покрова;
- оперативное получение достоверной информации при определении масштабов стихийных бедствий: наводнений, тайфунов, извержений вулканов и по ее использованию при координации и проведении спасательных работ;
- контроль загрязнения морской поверхности при работе буровых платформ, нефтяных терминалов и других мест возможных выбросов, определение границ загрязнений при авариях танкеров;
- оценка состояния ледового покрова и проводка судов в тяжелой ледовой обстановке.

5.4. Принципы тематического картографирования [11]

В экологической диагностике широко используются [экологические карты](#) (рис. 5.11 а, б). Карта – математически определенное, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, показывающее расположенные или спроектированные на нее объекты в принятой системе условных знаков



Рис. 5.11.а. Структура общегеографических карт

Карта как модель должна обладать следующими свойствами: пространственно-временное подобие; содержательное соответствие; избирательность и синтетичность; однозначность; непрерывность.

Для построения картографических моделей используются различные графические средства: точки, линии, штрихи, фигурные и геометрические знаки, сложные линии и полосы, штриховки, фоновые окраски площадей.



Рис. 5.11.б. Структура общегеографических карт

Отображаются объекты и их характеристики с помощью значков, линий и контуров. Каждый из этих графических объектов имеет управляемые параметры отображения – графические переменные: у

значков их шесть (табл.5.1), у линий – пять (табл.5.3), у контуров (площадей) – четыре (табл.5.3). По локализации на карте все пространственные объекты можно разделить на: внemасштабные, линейные, площадные.

В практике картографии сложилась система способов картографического изображения. Способ картографического изображения – выбор и применение картографических условных обозначений. На тематических картах применяют следующие способы картографического изображения: способ ареалов ; способ знаков движения; способ значков ; способ изолиний ; способ качественного фона; способ количественного фона; способ линейных знаков; способ локализованных диаграмм ; точечный способ ; способ картодиаграммы ; способ картограмм.

Таблица 5.1

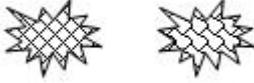
1. Форма		
2. Размер		
3. Цвет		
4. Тон или светлота		
5. Внутренняя структура		
6. Ориентировка		
		

Таблица 5.2

1. Рисунок		
2. Ширина		
3. Цвет		
4. Тон или светлота		
5. Внутренняя структура		

Таблица 5.3



1. Рисунок заполняющего значка	
2. Цвет	
3. Тон или светлота	
4. Структура, передаваемая, в том числе, ориентировкой штриховки, шагом заполнения, точками	

На современных картах рельеф изображают чаще всего гипсометрическим способом.

Второй особенностью способов картографического отображения является группировка отображаемых явлений и процессов в небольшое число классов в соответствии с задаваемыми правилами шкалирования.

Все шкалы, применяемые в картографии, принято разделять на четыре класса, два из которых используются для качественных характеристик и два – для количественных: номинальные (качественные); ранговые или порядковые (качественные); интервальные (количественные); абсолютные (количественные). Основное отличие этих шкал в том, какие операции и в каких шкалах можно выполнять (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Наименование шкалы	Сравнение «равно – не равно»	Сравнение «предшествует – последует» или «лучше – хуже»	Вычитание – сложение	Деление – умножение
Номинальная	+	-	-	-
Ранговая	+	+	-	-
Интервальная	+	+	+	-
Абсолютная	+	+	+	+

В номинальной шкале задаются типы растительности, типы месторождений, виды животных и т.д.; в ранговой – бонитеты почв, экологическое состояние, уровни опасности и т.п.; в относительной – все числовые характеристики с условным положением начала отсчета, например, температуры по шкале Цельсия, углов наклона, азимутов и т. п.

В базах данных ГИС обычно хранятся первичные значения, но при представлении этих данных на карте приходится переходить к дискретным шкалам с небольшим (обычно 5-7) числом градаций.

Перечислим методы перехода к дискретным шкалам, применяемые в картографии и реализованные в различных ГИС: равное количество записей; равный разброс значений (равные интервалы); естественные группы; на основе дисперсии (среднеквадратического отклонения); квантование; вручную.

Реализация темы в различных ГИС

ArcView

Построение тематических карт в [ArcView](#) выполняется с использованием Редактора Легенды. Для площадных тем перечень возможных способов включает: отдельный; цветовую шкалу; уникальные; плотность; локализованную диаграмму.

При построении тематических карт в ArcView могут быть использованы следующие методы перехода к дискретным шкалам: метод естественных интервалов; по среднеквадратическим отклонениям; метод квантилей (равномерный).

Обобщением равномерной классификации является равноплощадная, которая шкалирует полигональные объекты, находя границы классов так, чтобы общая площадь полигонов в каждом классе была примерно одинаковой.

Перед классификацией числовые показатели могут быть нормализованы, что делает данные сравнимыми и позволяет в некоторых случаях избежать визуальной «дезинформации».

В Arc View реализованы два подхода к нормализации:

1)нормализация другим числовым атрибутом (чаще всего площадью);

2)нормализация с использованием величины, вычисляемой с использованием значений нормализуемого атрибута.

При классификации важно исключить те объекты, атрибуты которых не имеют значений или значениями которых следует пренебречь.

Редактор Легенды позволяет определять значение отсутствия данных null (величину, которую назначают атрибуту, чтобы указать, что и данных нет в наличии или наблюдение было невозможно) и выбирать, как будут отображаться такие объекты на тематических картах.

Символ, используемый для представления класса «No data», может быть выбран вручную подобно любому другому символу.

Можно управлять порядком отображения классов в Легенде, сортировать их в возрастающем или убывающем порядке.

При использовании метода картографического изображения Уникальное значение можно создать классы, содержащие объекты, атрибуты которых принадлежат заданному подмножеству дискретных значений. Дискретные значения, составляющие подмножества, отделяются друг от друга запятыми.

Настройка цветовой палитры шкалы. Редактор Легенды позволяет выполнить настройку цвета для отдельного диапазона и для шкалы в целом. Выбирая из заранее определенных цветовых палитр и цветовых схем. Эти цветовые палитры используются для показа рельефа суши и дна, осадков и температур. Палитры общего назначения содержат монохроматические красные, монохроматические серые, от голубого до зеленого, от зеленого до красного и т.д.

ArcView также позволяет создать истинные двухцветные палитры (например, от темно-синего до темно-красного через белый). Они особенно полезны для представления объектов не только относительно друг друга, но и относительно некоторой пороговой величины (например, уровня моря или нулевой температуры и т.д.).

В ArcView можно устанавливать цвет одного или нескольких промежуточных классов, чтобы создать точки определенного оттенка в цветовой палитре.

Кроме того, ArcView позволяет для символов и линий включать признак масштабирования, разворачивать значки в соответствии со значениями числовых показателей.

[GeoGraph](#). Общая схема тематического картографирования в системе GeoGraph может быть описана так:

1)для слоя выбирается таблица атрибутивных данных, в которой выбирается нужное поле, характеризующее объекты слоя (показатель);

2)все значения показателя определенным образом классифицируются и каждому классу присваивается значение графической переменной (например, для точечных объектов — знак определенного размера, формы; для полигонов — цвет, интенсивность заливки и др.). Каждому классу может быть присвоено пользовательское имя;

3) после классификации объектов и присвоения класса графических переменных дается команда на отображение тематической карты, при этом каждый объект будет отображаться графической переменной, соответствующей классу, в который попадает данный объект. Легенда будет выведена в окно Управления слоями.

Для каждого тематического слоя, имеющегося в окне Управления слоями, можно иметь по одной тематической карте.

5.5 Дистанционное зондирование и географические информационные системы [12,14]

При построении географических карт традиционным ручным способом или с помощью географических информационных систем исследователь собирает карту из точек, линий и областей, графических примитивов, представленных либо в цифровом виде, либо с физических носителей, бумаги, таблиц, архивных географических данных. Источниками этих данных могут являться геодезические работы, данные всевозможных видов полевых исследований, словесные описания и зарисовки, аэрофотосъемка, цифровое дистанционное зондирование, статистические данные.

Одним из самых мощных и плодотворных подходов получения пространственно-временной географической информации для построения топографических и тематических карт любого типа, управления природными процессами и ресурсами является дистанционный аэрокосмический метод изучения земной оболочки и поверхности.

Дистанционные методы используются также для исследования морского дна, с применением акустического гидролокатора, геофизические исследования - зондирования толщи земной поверхности электромагнитным излучением для структурных измерений в почве и поиска, уточнения положения залежей полезных ископаемых.

Под аэрокосмическими методами понимаются множество подходов к исследованию атмосферы, земной поверхности, поверхности океанов и океанского дна, верхних слоев земной коры и атмосферы с воздушных, морских и космических судов путем дистанционной регистрации и последующего анализа идущего от объектов исследования электромагнитного или акустического излучения. Дистанционные методы обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов или явлений, получение качественных и количественных биологических, географических и физико-химических характеристик этих объектов и явлений. Дистанционные методы позволяют проводить изучение труднодоступных территорий, обеспечивают исследователей географической пространственно-временной информацией, которую другими способами получить невозможно.

5.6. Принципы дешифрирования аэрокосмических снимков [13,14]

Снимки с самолетов и дирижаблей – это серии фотографий достаточно небольших участков местности, ландшафта в зависимости от высоты полета аппарата. Спутниковые системы поставляют уже тысячи снимков, охватывая глобальные территории. Следует учесть, что и те и другие аппараты, содержат приборы, позволяющие получать снимки в видимом, инфракрасном и радиодиапазонах спектра. Такой объем информации может быть проанализирован только с помощью компьютерных технологий.

Аэрокосмический снимок – информационная модель изучаемого объекта или явления, основанного на регистрации параметров излучения в виде двумерного изображения.

Аналоговые и цифровые аэрокосмические снимки имеют десятки разновидностей, несут разнообразную информацию о пространственно-временном распределении географических объектов и явлений.

Все это делается ради достижения одной цели – повышения эффективности управления окружающей средой, внедрения технологий рационального природопользования и, повышения качества жизни людей. Сложность проблемы заключается в том, что студенты экологических специальностей не

имеют базового математического, технического и компьютерного образования, и поэтому изложение материала должно происходить на языке доступном и понятном для них, но в то же время вполне корректно с точки зрения картографического обоснования и проиллюстрировано конкретными географическими примерами.

5.7. Методология построения экспертных систем [15,16]

Изложение этого раздела целесообразно начать с проектирования экспертных систем.

Для осуществления полноценного учебного и исследовательского процесса необходимо наличие высокоматематических приборов с компьютерным и математическим обеспечением, позволяющим определять или рассчитывать интересующие исследователя-эколога показатели, моделируя и прогнозируя естественные природные ситуации.

Студенты должны научиться отслеживать не только нарушение динамического природного, экологического равновесия, выражющееся в изменении определенного набора параметров, но и понимать, почему взяты именно эти показатели, а не другие, в чем причина этих изменений и уметь прогнозировать возможновения нежелательных последствий.

На первый план выходят физико-химические и компьютерные методы. Современные технологии, заложенные в основе этих устройств и приборов, требуют умения быстро и надежно разбираться в полученных результатах и принимать на их основе правильные решения по восстановлению природного баланса.

Современная приборная база представляет собой сложную интеллектуальную экспертную систему, которая в автоматическом режиме анализирует полученные данные, выдает некоторый набор ответов, из которых необходимо выбрать правильный (или близкий к нему) результат.

Экология – предмет междисциплинарный и синтезирует в себе теоретические основы и прикладные аспекты многих естественных дисциплин. Задача преподавателей состоит в том, чтобы научить студентов использовать полученные знания в решении повседневных экологических задач. Надо учить студентов умению самостоятельно ставить и решать задачи. Экспертные системы как нельзя лучше соответствуют предмету экологическая диагностика, на котором студенты-экологи могут пройти путь от планирования экспериментальных исследований, до математического моделирования и прогнозирования возможного развития событий.

Одним из наиболее значительных достижений искусственного интеллекта стала разработка мощных компьютерных систем, получивших название «экспертных систем» или систем, основанных на «знаниях».

Практически нет ни одной области науки, техники, и даже быта («умный» дом, бытовая электроника), где экспертные системы, так или иначе, не использовались. Авиация, космос и оборона, нефтеперерабатывающая промышленность и транспортировка нефтепродуктов, химия, энергетика, металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь, пищевая промышленность, машиностроение, производство строительных материалов, транспорт, медицина и фармацевтическое производство, административное управление, прогнозирование и мониторинг природных процессов, фундаментальная наука и многое, многое другое.

Все эти задачи объединяет одно общее свойство. Они многофункциональны, они характеризуются многочисленными и зависимыми в разной степени между собой параметрами, и процессы, лежащие в их основе, могут быть формализованы, и смоделированы. Принятие решений может быть получено с помощью сложного программного комплекса с участием небольшого коллектива, включающего в себя инженеров и математиков.

На заре создания экспертных систем считалось, последние необходимо проектировать для решения задач диагностики любого уровня и в любых областях, там, где не существует хорошо установившихся теорий, чтобы понять, как работает некий «черный ящик», где испытывается голод на

хороших специалистов, и там, где массивы экспериментальных или измеренных данных ведут себя "странным" образом.

Под задачами диагностики следует понимать не только задачи медицинского диагноза. Это любая область, в которой имеется множество возможных ответов, и трудность состоит в том, чтобы выбрать из них одинаково верный или, по крайней мере, отбросить заведомо неверные решения.

В таких областях, как экология, экономика, промышленные технологии, метеорология, медицина, где есть задачи со многими переменными, создание. Задачи зачастую решаются на основе личных познаний и интуиции исследователей и практиков.

Существуют как узкоспециализированные экспертные системы, так и "оболочки", пользуясь которыми, можно, не будучи программистом, создавать свои экспертные системы. Но это трудная и неблагодарная задача.

Создать хорошо работающую экспертную систему задача сложная, и требует, как, показано ниже, глубоких, обширных знаний в области искусственного интеллекта и смежных областях. Но на хорошем примере учиться можно и нужно, но помнить о цитате Райта.

Он сказал: «Программировать, как и играть в гольф, можно научиться за месяц. Но в конце месяца будешь также плохо играть, как и программировать». Оболочка в качестве прототипа вашей экспертной системы, это хорошее решение, до тех пор, пока вы не поймете, что же вам на самом деле нужно. Но внутреннее содержание уже будет ваше, также как и оболочка.

Наиболее значительными достижениями в этой области стало создание экспертных систем в медицине, которые указывают с большой долей вероятности диагноз заболевания, в геологии предсказывают месторождения полезных ископаемых, помогают в проектировании электронных устройств, машин и механизмов, решают задачи управления реакторами и ряд других задач. В круг этих задач входят прежде всего хорошо formalизованные задачи, последовательность действий в которых не вызывает сомнений.

Эксперт – это человек, который знает все больше и больше о все меньшем и меньшем. Так можно охарактеризовать человека, знания которого лягут в основу создаваемой экспертной системы. Под экспертной системой принято понимать сложный вычислительный комплекс, который использует знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узко специализированной предметной области и затем применяет эти знания, реализованные в виде сложных компьютерных программ, для анализа текущей ситуации. Иными словами этот вычислительный комплекс, в пределах данной узкой области знаний, который способен принимать решения на уровне эксперта-профессионала, освобождая человека от рутинной работы - решения однотипных задач, но, не освобождая его от главного: ответственности за принятие решения, если выводы экспертной системы по той или иной причине оказались неоднозначными.

Экспертные системы – это наиболее значительное практическое достижение в области искусственного интеллекта.

Осознание полезности систем, которые могут использовать копировать дорогостоящие или редко встречающиеся человеческие знания, привело к широкому внедрению и расцвету этой технологии. Научить компьютер «мыслить» на уровне программы как мыслит исследователь, выполнять последовательно цепочку рассуждений, преобразованные в некую последовательность практических действий и принятия решений и есть прообраз искусственного интеллекта, лежащего в основе экспертной системы.

На самом деле, даже самым совершенным экспертным системам далеко до человеческого гения, потому как formalизация процесса мышления и его последующего «облачение» в программные коды возможна лишь для достаточно простых, часто повторяющихся процессов, и, ко всему прочему, упирается не только в постановку задачи и ее formalизацию, но и в процесс программирования, выбор языка и наличие мощных компьютеров, которые способны быстро выполнять данные программы.

Экспертные системы трудно определить однозначно - приведем два известных в литературе определения. Специальная группа по экспертным системам Британского компьютерного сообщества

предложила следующее формальное определение. Экспертная система рассматривается как результат создания в компьютере основанной на знаниях компоненты, соответствующей навыку эксперта, в такой форме, которая позволяет системе дать разумный совет или принять разумное решение о функции обработке данных. И неформальное определение Р.Форсайта: «Экспертная система – это такой пакет программ, который вынуждает постановщика соответствующей телевизионной передачи терять всякую меру».

Рассмотрим следующий набор определений, которые характеризуют экспертные системы:

- экспертная система ограничена определенной сферой экспертизы.
- экспертная система способна рассуждать при сомнительных обстоятельствах.
- экспертная система способна объяснить цепочку рассуждений понятным способом.

В любой момент экспертная система должна объяснить, почему была сделана такая дедукция или почему система задала такой вопрос пользователю. При этом метод рассуждения, который не может быть объяснен человеку, является неудовлетворительным, даже если система объясняется с ним лучше, чем специалист.

Факты и механизм вывода четко отделены друг от друга. Экспертная система строится так, чтобы имелась возможность постепенного наращивания. Экспертная система основана на использовании правил. Экспертная система на выходе выдает совет – не таблицы, не красивые картинки, а четкий совет. Экспертная система экономически выгодна.

5.8. Архитектура экспертных систем [17-21]

Рассмотрим архитектуру экспертных систем. Все перечисленные выше определения не должны сводиться к мысли, что экспертные системы представляют собой лишь некий программный продукт, хотя и без сомнения сложный. В основе любой программы лежит не только модель изучаемого явления и условия, при которых она существует, но и математические методы решения, язык программирования, на котором будет реализована данная модель и этот метод, а также искусство или умение пользоваться языком программирования, на котором эта экспертная система и будет реализована.

Тем самым мы формально обозначили круг специалистов, которые должны принимать участие в проектировании архитектуры экспертной системы. Это – эксперт, как специалист в данной предметной области, математик, как специалист по математическому моделированию и постановщик задачи (толмач с языка эксперта на язык модели), и знающий методы и обладающий опытом решения таких задач, программист, как специалист по языкам и методам программирования (толмач с языка модели на алгоритм программы). В штаб разработчиков экспертной системы необходимо включить и системных программистов, знания которых позволяют оптимизировать конфигурацию компьютера, на котором будет запускаться экспертная система-программа, и которые могут подсказать много полезный вещей.

«Знание – Сила» – это тезис, который является одновременно названием очень хорошего серьезного журнала, популяризующего науку, сила в знании всех нюансов и особенностей предметной области, объективной формализации этих идей и лежит в основе исследований в области искусственного интеллекта, создания хорошей работоспособной экспертной системы. Искусственный интеллект – это мать и отец, прелестного и очень умного ребенка под названием «экспертная система». Но Знание это еще и безгранична власть, которой надо пользоваться очень аккуратно.

Экспертная система вобрала в себя все лучшее, что есть в математическом и имитационном моделировании сложных процессов, языках и методах программирования, психологии, философии, обработки больших массивов информации с помощью систем управления базами данных, поскольку позволяет решать неограниченное число сложных задач из соответствующей предметной области.

Развитие области искусственного интеллекта подтолкнуло к поиску универсальных методов решения, общих принципов, которые можно было бы применять, отвлекаясь от специфики конкретной

предметной области. Однако следует отметить, что сегодня вряд ли бы существовала такая область исследований, как экспертные системы, если бы удалось найти общие принципы решения проблем, не связанных с особенностями данной области изучения.

Математические и имитационные модели используются для разработки Базы Знаний. Получение знаний и сведение их в базу, где они formalизованы – это самое узкое и решающее место на начальном этапе создания экспертной системы, интеллектуальные знания, которые дадут начало практическому применению фундаментальной науки. Образно говоря, нет знаний – нет экспертной системы. Почти по Библии: "Сначала было слово...".

Знания сами по себе не приходят. Их приходится извлекать в постоянных и длительных беседах с экспертами-специалистами, добывать из книг, журналов, научных конференций, семинаров, смежных дисциплин и других источников информации. Далее происходит процесс осмысливания и переосмысливания полученных сведений, попытка связать воедино разрозненные данные, затем все плавно переходит к формированию цели исследования, постановке задачи, построению модели, получению решения, интерпретации полученных данных и сравнению с экспериментом.

Самое простое предположение и в идеале самое правильное, которое могло быть сделано исследователями в области искусственного интеллекта, это положить в основу работы экспертной системы имитацию работы головного мозга человека. Нейронные сети – это идеальная модель у которой большое будущее, но в 50-х годах прошлого века ни аппаратные, ни программные средства не были пригодны для решения такого типа задач.

[Эвристический поиск](#), т.е. интерактивный диалог с компьютером, привел к созданию универсального решателя задач, который используя поиск (перебор) в пространстве возможных решений по эвристическим правилам, помогал найти искомую идею. Но эта универсальность относилась лишь к ограниченной области человеческой деятельности, с относительно небольшим множеством состояний и хорошо сформулированных правил (рис. 5.12 – 5.14)).



Рис. 5.12. Схема Выбора правил

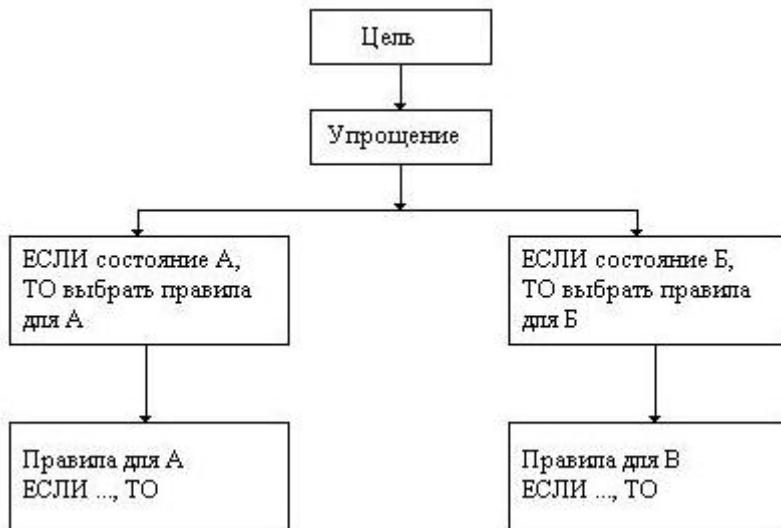


Рис. 5.13. Эвристический механизм поиска



Рис. 5.14. Схема достижения целей с помощью правил и механизма выводы

Экспертные системы, основанные на эвристическом поиске, не могли решать реальные, практические задачи. Следующий шаг состоял в переходе от универсальности, к сокращению списка рассматриваемых и задаваемых вопросов в программе, к представлению знаний и связанных с этим умений, которыми обладает специалист. Это подход привел к созданию прообраза современных экспертных систем, в основу которых были положены знания специалиста-человека. Прототипами являются программа-интерпретатор DENDRAL для обработки результатов масс-спектроскопии и ядерного магнитного резонанса, ее дочерняя система MYCIN-компьютерная программа, диагностирующая бактериальную инфекцию крови и рекомендующая соответствующую лекарственную терапию.

MYCIN – обладает характеристиками, присущими экспертным системам. Знания системы составляют несколько сотен правил, которые можно анализировать с помощью обычного условного оператора, который имеется во всех языках программирования:

IF (1) ...

THEN (2)...

ELSE (3)

где (1), (2) и (3) – правила или условия, сформулированные экспертами и формализованные разработчиками системы. Причем глубина вложений или сложность порождающих правил между (1) и (2), (2) и (3) определяется логикой программы и может быть достаточно большой.

Это означает, что подсистема логического вывода, которая использует информацию из Базы Знаний в виде условий и правил, генерирует рекомендации по решению искомой задачи, на основе системы продукции и семантических сетей. Конструкция если (<посылка>) то (<заключение>) определяет, что если посылка (условие) верна, то правило признается подходящим для данной консультации и оно запускается в действие. Запуск правила означает принятие заключения данного правила в качестве составной части процесса консультации.

Такой поиск может носить вероятностный характер, позволяющий системе, исходя из надежности данных, продолжить более правдоподобные рассуждения по ширине, не углубляясь более детально. Кроме того, система сохранила эвристические правила поиска, интерфейсный режим, объясняя процесс принятия промежуточных решений. И, наконец, система действительно работает, выполняя работу, которой люди обучаются годами.

Следующий шаг заключается в развитии всех составляющих экспертной системы: области искусственного интеллекта, информатики, вычислительной техники, обработки данных. Объем, обширность и качество базы знаний и определяют успех экспертной системы. Массовое производство знаний с помощью программ приводит к созданию так называемых обучающих машин, которые в автоматическом режиме расширяют запас знаний и формулируют эвристические правила их использования.

Аналогом подобных систем, хотя достаточно грубым, являются так называемые машины-поисковики, сборщики в Мировой Интернет – сети типа Google, Yahoo, Yandex и многие другие, которые отыскивают новую появившуюся информацию, заносят ее в свои базы данных и которую затем можно фильтровать по ключевым словам. В этом случае анализируется, запоминается ежесекундно гигантское количество информации, причем самой разнообразной. А поиск по ключевым словам может многократно повторяться в любых сочетаниях. Так что, выигрывая в обработке информации, т.е. количестве, проигрываешь в качестве анализа.

Подобные системы сами являются этапом в развитии искусственного интеллекта. Вопрос эффективности такого подхода будет определяться качеством собираемых знаний и временем, которое потрачено на их поиск и формализацию. При этом надо помнить одно простое правило, сформулированное Альбертом Эйнштейном: "Все должно быть сделано настолько просто, насколько это возможно. Но не проще".

Как было отмечено выше, в основе любой экспертной системы лежит обширный запас знаний и опыта квалифицированных специалистов (экспертов) в какой-либо области. Пользователи экспертной системы, не имеющие необходимой квалификации, но использующие знания экспертов могут решать свои задачи почти столь же успешно, как это делают эксперты. Такой эффект достигается за счет того, что система в своей работе воспроизводит примерно ту же цепочку рассуждений, что и человек-эксперт.

Примерно так, поверхностно, представляется работа экспертной системы рядовыми пользователями и студентами непрофильных вузов. Программы непрофильных вузов и факультетов сегодня уже не должны обходить эту тему молчанием, причем простых рассуждений тут недостаточно. Желательно, чтобы студенты поработали с "настоящей" экспертной системой, посмотрели, как она устроена, и сделали что-то подобное сами. Надо сказать, что студенты постоянно сталкиваются с «настоящей» экспертной системой ежедневно, но им просто об этом никто не говорил. Это текстовый редактор Word из пакета Microsoft Office, блестящий пример самонастраивающегося программного продукта с огромными возможностями. Попробуем более подробно отследить цепочку построения и архитектуру экспертной системы.

Первый шаг – приобретение знаний. «Правильно определяйте слова, и вы освободите мир от половины недоразумений» – сказал Рене Декарт. Это в полной мере относится к эксперту, который взял на себя труд поделиться своими знаниями. Приобретение знаний – это детальный рассказ эксперта главному проектировщику экспертной системы в узкой предметной области и оттого насколько точно и ясно он использует термины, зависит полнота переданной информации. Чаще всего эксперт пользуется собственными терминами, которые трудно перевести на обычный "человеческий" язык, а потому требуется достаточно много времени и дополнительных вопросов для уточнения их логического или математического значения. Далее, факты и принципы, лежащие в основе многих специфических областей знания эксперта, не могут быть однозначно и четко сформулированы в терминах математической теории или, например, детерминированной модели, свойства которой хорошо понятны проектировщику. Степень детализации возрастает по мере осмыслиения и понимания сути проблемы проектировщиком. Затем, когда обычное накопление фактов превысит некую «критическую массу» идей и методов, происходит информационный взрыв, генерирующий качественно новый уровень: монолог эксперта сменяется диалогом эксперта-

проектировщик, который затем плавно переходит в монолог проектировщика. Назовем этот шаг шагом приобретения, накопления и усвоения знаний.

Второй шаг – представление знаний. Это переосмысление всего услышанного и пропущенных через себя знаний, их формализация, выработка правил и условий, по которым будет работать будущая экспертная система. Мало получить знания как некую аморфную массу сведений о предметной области, необходимо представить их в таком виде, в каком они могут быть формализованы и запрограммированы. Опытный специалист знает, какого рода информацией нужно располагать для формулировки того или иного суждения, насколько надежны различные источники и, самое главное, как можно представить самую сложную проблему в виде суперпозиции более простых проблем, которые можно решать более или менее легко и независимо друг от друга.

Представление полученных от узкого специалиста знаний является очень важной функцией экспертной системы. Теория представления знаний – это отдельная, самостоятельная область исследования, связанная с формализмом, выраженным в логике процесса мышления, когнитивной психологией. Она использует методы ассоциативного хранения информации аналогичные тем, которые существуют в мозгу человека.

Это еще раз показывает, что ряд некоторых положений модели нейронных сетей тем или иным способом учитываются при разработке экспертных систем. Представление знаний – это способ отыскания методов формального, упорядоченного описания больших объемов полезной информации в рамках какого-либо языка программирования. Как правило, это специально созданный для этой цели язык с достаточно четким синтаксисом и семантикой, связывающий смысл выражений, правила с их формой и содержанием. Аналогом здесь являются системы управления базами данных (СУБД), специально созданные для обработки больших массивов структурированной информации любого типа.

Представление знаний можно обозначить как систематизированную методику описания на машинном уровне того, что знает эксперт, работающий в данной конкретной предметной области. Назовем этот шаг шагом формирования Базы Знаний, формулирования цели и поставки задачи.

Третий шаг содержит важные технические подробности построения экспертной системы. После того, как на первых двух шагах удалось идентифицировать источники экспертных знаний и сформировать Базу Знаний, разработать базовые концепции и отношения, охарактеризовать различные виды используемых данных, провести анализ информационных потоков, то есть установить “правила игры”, по которым будет работать экспертная система.

На этом шаге необходимо еще раз согласовать и уточнить поставленную цель, которая преследуется при создании экспертной системы, далее следуют постановка задач и способы, методы их решения и, наконец, построение модели, которая ляжет в основу создания программного комплекса.

Процесс реализации модели заключается в преобразовании формализованных знаний сначала в алгоритм программы, в котором прописываются основные шаги работы программы и их возможная детализация. Затем наступает период самого процесса программирования на выбранном языке. Далее идет этап кодировки программного текста на языке программирования. После его окончания наступает процесс отладки, связанный с выявлением ошибок в логике программы, записи операторов, условий, правил, описания массивов и т.д. и т.п.

Цель программирования – это не только создание программы, но и получение результатов ее работы, т.е. вычислений. Поэтому написание самой программы это тоже отдельный раздел в системном программировании. Одно из требований к экспертным системам состоит в том, чтобы имелась возможность постепенного их наращивания. Программы имеют тенденцию жить долго и развиваться шире, чем запланировано, поэтому следует учиться сразу писать хорошую программу.

Кроме автора программу должен читать кто-нибудь еще, хотя бы для того, чтобы модифицировать последнюю. Программу снабжают комментариями. Комментарии должны содержать дополнительную информацию, а не перефразировать программу. Они должны отражать назначение программы, указания по вызову и использованию, список основных переменных массивов, название

математических методов, их описание, литературные ссылки и многое другое. Документация программы – это и есть сама программа.

Важнейшей частью любой программной разработки является этап проектирования программ, который оказывает влияние на стиль программирования, надежность, эффективность, отладку, тестирование и эксплуатационные свойства программ. Формально проектирование – это описание того, что вы хотите сделать, на естественном языке. И не надейтесь, что вам удастся составить программу, если вы не в состоянии записать задачу на естественном языке. Кстати, это замечание относится ко всем сферам интеллектуальной деятельности.

Основной задачей программирования является создание правильных, а не эффективных программ. Эффективная программа не нужна, если она не дает правильных результатов. Эффективность программы характеризуется двумя параметрами. Первый параметр – время, второй параметр – память, которые необходимы для выполнения программы. Время – это более важный фактор для программиста, чем память, поскольку обычно последние не заботятся о памяти до тех пор, пока не превысят ее размеры, что бывает крайне редко на начальных этапах программирования.

Существует мало областей человеческой деятельности, в которых имеется столько возможностей для совершения ошибок и их исправления – причем на совершенно законных основаниях – как в программировании. Одно из затруднений, связанных со скрытыми дефектами программ, заключается в том, что вероятность их проявления возрастает со временем и с расширением масштабов использования программы. Можно сказать, что программа, свободная от ошибок, это абстрактное и чисто теоретическое понятие. Искусство локализации таких ошибок, когда они установлены, носит название отладки. В общем времени разработки программы отладка занимает, по оценкам специалистов, от 50% до 90%. Этот процесс практически неограничен во времени и идет постоянно. При отладке программ сталкиваешься с эффектом спагетти на тарелке: тянешь с одной стороны – движется что-то с другой. Последнее замечание, в значительной степени, относится к большим программным проектам.

Процесс отладки часто перекрывается с процессом тестирования. Отладка имеет место, когда очевидно, что программа работает неправильно. «Правильно» работающая программа тестируется. Тестирование, или испытание программы, призвано указывать на наличие, а не на отсутствие ошибок. И о тестировании необходимо думать на протяжении всего периода разработки программ. Тестирование устанавливает факт наличия ошибки, а отладка выявляет ее причину. Несмотря на это, отладка и тестирование два различных и непохожих друг на друга этапа. Тестирование – во многом процесс интуитивный, но если тестированию предшествует тщательный подбор данных для конкретных примеров, подкрепленный анализом логики программы, то это во многом напоминает глубокое научное исследование. Правильнее говорить, что процессы отладки и тестирования идут рука об руку в завершающей стадии разработки программ.

После того, как программа прошла трансляцию без ошибок, т.е. не было сбоев в логике и правильности записи операторов и процедур, осуществляется проверка качества исходных данных, их целостности, соответствия друг другу. Это абсолютно не значит, что создание системы закончено. Никогда не стоит делать вывод, что программа правильна, лишь на том основании, что она полностью транслирована и выдала численные результаты. Это означает одно, что создание экспертной системы только началось, что модель и программный комплекс только начинают проходить проверку на прочность и впереди их ждет еще не одно изменение.

Проверка работы созданного варианта экспертной системы должно осуществляться на большом числе репрезентативных задач с известными выводами и ответами. Причем это должны быть нормальные, экстремальные и исключительные задачи.

Проверка в нормальных условиях предполагает тестирование на основе данных, которые характерны для реальных условий. Тестирование в экстремальных условиях включает граничные значения области изменения переменных, которые воспринимаются программой как правильные данные. И, наконец, проверка в исключительных условиях предполагает использование данных, значения которых лежат за

пределами допустимой области изменения, чтобы получить ответ, как в этих условиях работает программа. Самое худшее в последнем тестировании состоит в том, что программа может воспринимать неверные данные как правильные и выдавать неверные, но правдоподобные результаты.

Поскольку программы экспертных систем включают в себя несколько сотен правил, ветвей, которые анализируются с помощью обычного условного оператора IF (1) ... THEN (2).... ELSE (3), необходимо обеспечить тестирование каждого из условий и всех порождающих правил между первоначальными правилами (1) ... (2).... (3).

В процессе тестирования анализируются ошибки в поведении систем. Самое слабое место в программе – это ее логика. То, что вчера казалось хорошо понятным, сегодня является источником ошибок в системе набора правил и условий. Оказывается, что не хватает каких-то новых правил, другие не совсем корректны, а между некоторыми обнаруживается просто противоречие.

5.9 Базы данных в экологическом мониторинге [18,19]

Базы данных – термин, который давно вошел в нашу жизнь, хотя каждый понимает этот термин для себя по-своему. Профессионал видит за этим термином некое приложение баз данных, обычатель – обычные таблицы, колонки цифр и тому подобное.

Термин базы данных на самом деле подразумевает Систему Управления Базами Данных (СУБД) и сами Базы Данных (БД). Первая, как следует из названия, представляет оболочку, в которую входит системное меню с мощным набором отдельных команд и операторов, текстовым редактором, языком программирования, на котором пишутся системы, позволяющие управлять данными, то есть собирать, хранить, обрабатывать и анализировать информацию, хранящуюся в базах данных. Иногда в названии СУБД присутствует слово реляционная. Под этим подразумевается, что данные хранятся в таблицах, связанных друг с другом особым образом по общим полям.

Структура данных. Основой баз данных являются таблицы, в которых эти данные хранятся и представляют собой файл с упорядоченной информацией. Таблица – это простая совокупность записей. Например, деловая карточка или карточка больного, как аналог таблицы, содержит совокупность записей о деловых контактах или визитах к врачам.

Далее, запись – это совокупность полей. Поле – это единица информации в таблице.

Например, номер телефона на каждой деловой карточке или дата посещения врача (записи) в карточке больного могут быть в отдельном поле.

Рассмотрим основы теории проектирования приложений баз данных. Процесс построения приложения баз данных имеет много общего с проектированием экспертных систем, созданием моделей. Формально этот процесс можно разбить на несколько этапов:

- определение назначения и задач приложения;
- проектирование структуры базы данных и алгоритма приложений;
- воплощение проекта в приложении: создание объектов программ и баз данных;
- отладка и тестирование созданных программ-приложений;
- использование приложения в эксплуатации.

Данная глава преследует чисто утилитарную цель – научить пользователя практически использовать СУБД в повседневной работе. По этой причине сосредоточимся на создании конкретных приложений, не забывая при этом теорию баз данных в разумном объеме без излишней детализации и математических выкладок и учитывая уровень потенциальных пользователей-экологов.

Обычный недостаток проектирования приложений и самих баз данных заключается в сосредоточении на теории и недостатке внимания к практической реализации.

Этот дисбаланс приводит к низкому уровню разработок баз данных и приложений, работающих с ними. Как правило, знакомство и обучение базам данных сводится к проектированию таблиц, связанных по общим полям, их заполнению и просмотру с помощью команд системного меню.

Как говорил Ричард Фейман, лауреат Нобелевской премии по физике, чтобы понять, надо научиться пользоваться. Только через создание хорошо работающих на практике приложений и их баз данных можно глубоко понять основы теории последних. Готовое приложение – вот, что видит на мониторе (экране) и применяет в своей работе пользователь.

Поэтому проектирование баз данных нельзя обсуждать отдельно от проектирования приложений. Приложение служит не только средством и инструментом доступа через различные меню, экранные формы, запросы, поиски и аналитические отчеты к управлению базами данных, но и стратегией развития всего проекта. Проектирование и программирование различных блоков приложений, разработка и уточнение структуры базы данных можно рассматривать как тактические шаги для достижения главной стратегической цели – согласованной работы всего проекта.

В основе решения многих задач лежит обработка информации. Системы, которые создаются для обработки информации, носят название информационных систем. Области применения таких систем самые широкие – производство, здравоохранение, наука, социальная сфера, торговля и прочее.

Системы управления базами данных являются информационными системами, в которых с помощью специализированных языков и команд обработки данных организован сбор, накопление, хранение и обработка специально организованных данных, а также функции управления этими процессами.

Пакеты систем управления базами данных дают возможность пользователям осуществлять непосредственное управление данными, а программистам быстро разрабатывать более совершенные программные средства их обработки – приложения. Система управления базами данных – это платформа, в состав которой входят язык программирования и программные средства, предназначенные для создания, ведения и совместного использования баз данных, в том числе и многими пользователями.

Считается, что для работы с базами данных зачастую достаточно средств систем управления базами данных и не нужно использовать приложения, создание которых требует программирования. Приложения разрабатывают главным образом в случаях, когда требуется удобство работы с базами данных неквалифицированным пользователям или если интерфейс систем управления базами данных не устраивает обычных пользователей. Последнее утверждение – это лишь маленькая часть утилитарных функций, скрытых, как правило, в огромном проекте, носящем название приложение.

Приложение представляет собой программу или комплекс программ, обеспечивающих автоматизацию обработки информации для прикладной задачи. Приложения могут создаваться и вне платформы системы управления базами данных на языках программирования, таких как Delphi, C++ Builder, имеющих собственные средства доступа к базам данных.

Модели данных. Логическую структуру файлов баз данных (таблиц) называют моделью представленных данных или просто моделями данных. По способу установления связей между данными различают реляционную, иерархическую и сетевую модели. К основным моделям данных относятся реляционная, иерархическая, сетевая и объектно-ориентированная системы.

Обычно системы управления базами данных различают по используемой модели данных. Так, системы управления базами, использующие реляционные модели данных, называют реляционными системами управления базами данных.

Однако следует помнить, что приложение – вещь стратегическая. Характеристики готовых приложений определяются, прежде всего, принятой в системе управления базами данных организацией данных и типом используемого транслятора.

Реляционная модель является простейшей и наиболее привычной формой представления данных в виде таблицы. В теории множеств таблица соответствует термину «отношение» (relation), который и дал название модели. Для реляционной модели имеется развитый математический аппарат – реляционное исчисление и реляционная алгебра, где для баз данных (отношений) определены такие хорошо известные

теоретико-множественные операции, как объединение, вычитание, пересечение, соединение и другие. Для реляционной модели характерна сравнительная простота инструментальных средств ее поддержки; недостатком является жесткость структуры данных (невозможность, например, задания строк таблицы произвольной длины) и зависимость скорости ее работы от размера базы данных.

Для многих операций, определенных в такой модели, может оказаться необходимым просмотр всей базы. Иерархическая и сетевая модели предполагают наличие связей между данными, имеющими какой-либо общий признак. В иерархической модели такие связи могут быть отражены в виде дерева-графа, где возможны только односторонние связи от старших вершин к младшим. Это облегчает доступ к необходимой информации, но только если все возможные запросы отражены в структуре дерева. Никакие иные запросы удовлетворены быть не могут.

Указанный недостаток снят в сетевой модели, где, по крайней мере теоретически, возможны связи "всех со всеми". Поскольку на практике это, естественно, невозможно, приходится прибегать к некоторым ограничениям. Использование иерархической и сетевой моделей ускоряет доступ к информации в базе данных.

В иерархической модели связи между данными можно описать с помощью упорядоченного графа (или дерева) или типа данных «дерево». Тип «дерево» является составным и включает в себя подтип «поддеревья», каждый из которых также является типом «дерево».

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 5

1. Что является фундаментом экологического мониторинга?
2. Какие типы деятельности система контроля над окружающей средой?
3. В каком году была подписана Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния?
4. Что включает в себя и какая цель программы ЕМЕП?
5. Что такое ЕГСЭМ?
6. Основные задачи ЕГСЭМ?
7. Что является структурными звеньями подсистем ЕГСЭМ?
8. Перечислите диапазоны спектра электромагнитных излучений?
9. Чем определяется число условных цветных изображений в фотографическом зондировании?
10. Какие диапазоны спектра обеспечивают регистрацию фотоэмиссионные детекторы?
11. Какие объекты исследуются с помощью микроволнового зондирования?
12. Где используется дистанционное зондирование?
13. Что такое карта?
14. Свойства карты.
15. Классы шкал, применяемых в картографировании?
16. Какие программы используются для построения карт?
17. Что такое «аэрокосмический снимок»?
18. Что такое «декодирование аэрофотоснимков»?
19. Что такое «экспертная система»?
20. Расскажите о цепочке построения экспертной системы.
21. Что такое «базы данных»?
22. Перечислите этапы построения моделей.
23. Расскажите о реляционной модели представления данных.
24. Каким образом можно использовать иерархическую и сетевую модель?

ЛИТЕРАТУРА

1. Mann R.E. Global Environmental Monitoring System, SCOPE, Rep.3. Toronto, 1973
2. Израэль Ю.А. Метеорология и гидрология, 1974, №7., с. 3-8.
3. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга// Изв. АН СССР, №3, 1975.
4. Израэль Ю.А. Об оценке состояния биосфера и об обосновании мониторинга // Докл. АН СССР, т.226, №4, 1975, с.955-957.
5. Ананичев К.В. Проблемы окружающей среды, энергии и природных ресурсов. М., 1974. С.136-137.
6. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях: Ч. 1. Общая / Ю.А. Афанасьев, С.А.Фомин. -М.: Изд-во МНЭПУ,1998-208 с.
7. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях: Ч. 2. Специальная / Ю.А.Афанасьев, С.А.Фомин, В.В. Меньшиков и др.-М.: Изд-во МНЭПУ,2001-337с.
8. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ В.В. Клюев, А.В. Ковалев, А.Г.Щербаков и др./ Под общ. Ред. В.В. Клюева -М.: Машиностроение, 2000.-496с.
9. Хуторской М.Д., Зволинский В.П., Рассказов А.А. Мониторинг и прогнозирование геофизических процессов и катастроф: Учеб. Пособие.- М.: Изд-во РУДН, 1999. - 222с:
10. Ю.П. Киенко Введение в космическое природоведение и картографирование: Учебник для вузов. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат,1994.-212 с.
11. В.С. Тикунов, Е.Г. Капралов, А.В. Заварзин и др. Сборник задач и упражнений по геоинформатике. -М.: Издательский центр "Академия",2005.-560с.
12. У.Г. Рис Основы дистанционного зондирования. -М.:Техносфера,2006.-336 с.
13. И.А.Лабутина. Дешифрирование аэрокосмических снимков.- М.: Аспект Пресс, 2004.-184 с
14. Майкл Н. ДеМерс Географические информационные системы. Основы: Пер. с англ. – М.: Дата+, 1999 - 489с.
15. Таусенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертизных систем на персональных ЭВМ. Пер. С англ. - М.: Финансы и статистика, 1990.-320с.
16. Хабаров С. Экспертные системы
17. П. Вудс У.А. Основные проблемы представления знаний //ТИИЭР. - Т. 74, №10.- С. 32-46.
18. Маленков А.С., Информационные интеллектуальные технологии в системах безопасности
19. Ноженкова Л.Ф. Интеллектуальные системы поддержки принятия решения по предупреждению и ликвидации ЧС
20. Осипов Г.С.Приобретение знаний интеллектуальными системами: Основы теории и технологии. - М.: Наука. Физматлит, 1997. - 112с.
21. Бухалев В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. - М.: Наука. Физматлит, 1996, - 288с.

ГЛАВА 6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОСИСТЕМАХ

Системный подход в разработке математических моделей экосистем. Основные принципы математического моделирования экологических систем. Имитационные и аналитические модели. Балансовые модели. Идентификация и верификация, как способы проверки достоверности результатов моделирования. Моделирование динамики развития экосистем на основе дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений

6.1. Системный подход в разработке математических моделей экосистем

Окружающая человека среда обладает свойством системности. Окружающий мир есть совокупность взаимодействующих систем, иерархическая организация все более сложных объектов. Системный подход к изучению окружающей среды позволит решить многие проблемы, возникающие на современном этапе при взаимодействии общества с природой.

Системный анализ сформировался в результате возникновения необходимости исследовать сложные системы, управлять ими в условиях неполноты информации, ограниченности ресурсов и дефицита времени. Широкое распространение идей и методов системного анализа, а также успешное применение их на практике стало возможным только с внедрением ЭВМ.

Академик Н.Н. Моисеев [1] определил системный анализ как совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем – технических, социальных, экологических и др. (рис.6.1).

Системный подход служит средством глубокого понимания любого явления жизни в его взаимосвязи с различными уровнями ее организации и окружающей средой, открывает новые возможности проникновения в сущность и закономерности жизненных процессов, позволяет изучать сложнейшие системы биосфера с многоуровневым динамическим взаимодействием бесчисленного множества ее компонентов.



Рис. 6.1. Общая характеристика системного подхода [2]

Усиливающаяся антропогенная нагрузка на природу объективно требует всестороннего изучения происходящих при этом изменений биосфера. Это необходимо для грамотного решения практических задач рационального использования ресурсного потенциала биосфера и надежного прогнозирования его последствий.

Английский эколог Дж. Джейферс [3] при использовании системного анализа в решении практических задач экологии выделяет семь этапов. Эти этапы и их взаимосвязь представлены на рис.6.2.

Объектом изучения системного анализа являются сложные системы. Под системой понимают наличие множества объектов с набором связей между ними и между их свойствами. При этом объекты функционируют во времени как единое целое, т.е. каждый объект, подсистема, ячейка работают ради единой цели, стоящей перед системой.

Наиболее простой формой описания системы является представление ее в виде черного ящика. Данное представление не раскрывает внутренней структуры системы, но выделяет систему из окружающей среды и подчеркивает ее целостное единство [4].

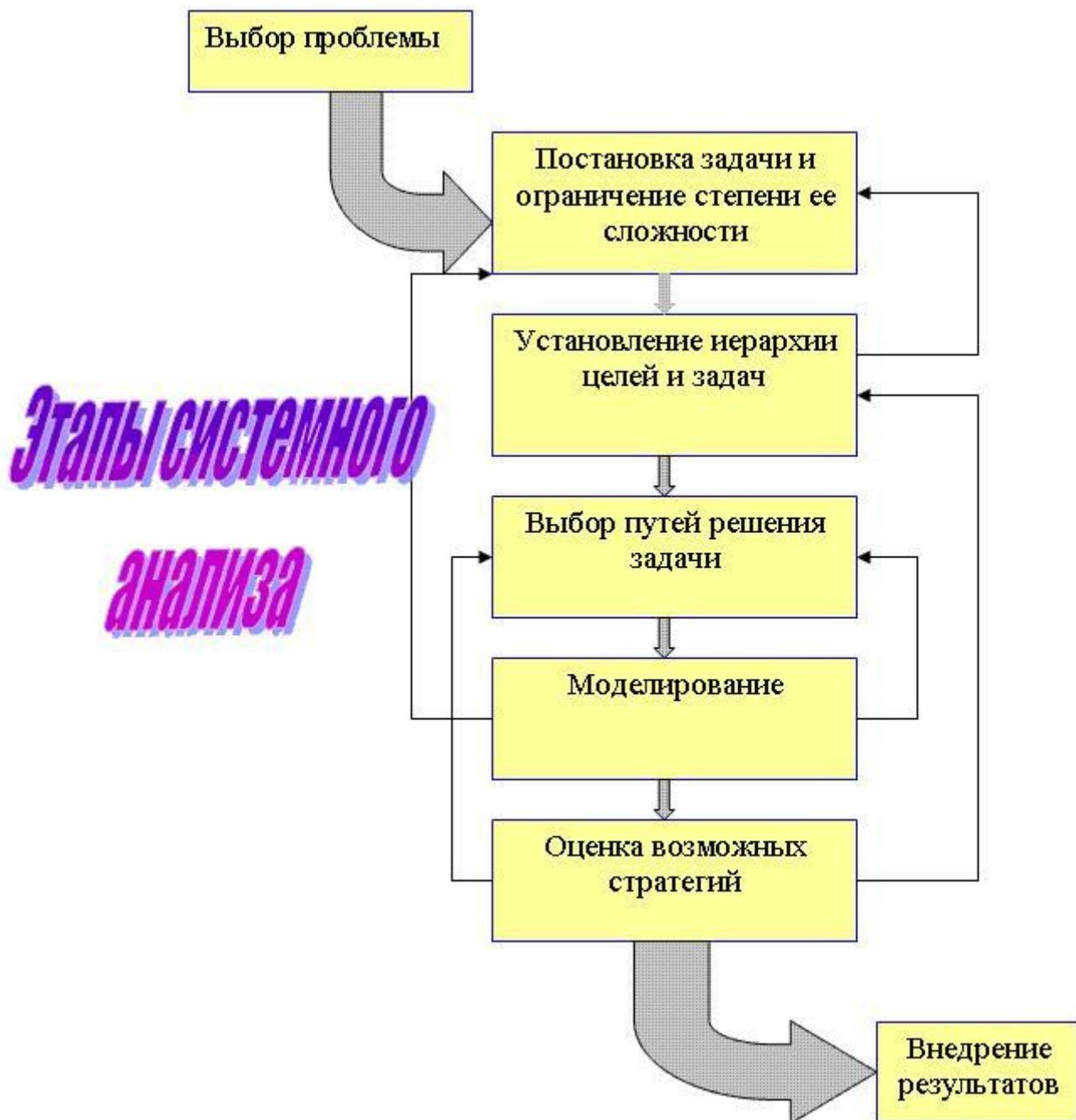


Рис. 6.2. Этапы системного анализа [3]

У такой модели есть входы, отражающие возможности воздействия на нее, и выходы, отображающие ее целевое предназначение (рис.6.3).

В модели черного ящика входы и выходы могут иметь качественное, словесное описание. Тогда и сама модель будет качественной.



Рис. 6.3. Представление системы в виде черного ящика [4]

В реальных ситуациях для построения модели требуется количественное описание входов и выходов. В общем виде математическое описание исследуемой системы может быть выражено зависимостью:

$$Y=\Phi[(X),(Z),(V)]$$

где $(Y)=(Y_1, Y_2, \dots, Y_l)$ множество векторов выходных переменных системы. В качестве выходных переменных используются критерии, отражающие цели исследования. В общем случае множество входных переменных подразделяют на три класса: $(X)=(X_1, X_2, \dots, X_m)$ множество векторов входных контролируемых управляемых независимых переменных (факторов), действующих на процессы; $(Z)=(Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$ множество векторов входных контролируемых, но не управляемых независимых переменных; $(V)=(V_1, V_2, \dots, V_n)$ множество векторов неконтролируемых возмущающих воздействий; Φ оператор системы, определяющий связь между указанными величинами. В модели черного ящика оператор системы не исследуется.

Модель черного ящика является начальным этапом изучения сложных систем. Одной из составных частей процедуры проведения системного анализа является формализация описания системы, т.е. построение ее модели. Модель – это искусственно создаваемый образ конкретного объекта, процесса или явления, любой системы. Процесс перевода физических, биохимических, биологических представлений об экосистемах в ряд зависимостей и операции над полученной математической системой называют моделированием.

Модели всегда являются всегда упрощенным описанием системы. Модель – это отображение реальной системы (оригинала), имеющее определенное объективное соответствие ей и позволяющее прогнозировать и исследовать ее функциональные характеристики, определяющие взаимодействие системы с внешней средой [4]. Математическое моделирование дает возможность проведения глубокого анализа задачи, обнаружения ошибок и корректировки исходных постулатов. При этом затраты на проведение исследований существенно меньше по сравнению с экспериментальными исследованиями на реальных объектах. Математические модели могут иметь вид формул, систем уравнений или неравенств, логических выражений, графических образов, отражающих зависимость между выходными параметрами, состояниями системы, входными параметрами и управляемыми воздействиями.

Модель должна удовлетворять следующим требованиям [2]:

- степень абстрактности модели не должна вызывать сомнение в ее практической полезности;
- модель должна описывать исследуемую систему с достаточной полнотой и обладать свойством эволюционности;
- модель должна предусматривать возможность получения хотя бы приближенного решения к требуемому моменту времени;
- при получении решения с помощью модели должна существовать возможность использования вычислительной техники;
- в процессе построения модели должна быть возможность проверки ее правильности.

При построении модели системы одной из главных задач является разделение сложной системы на подсистемы. Операция разложения целого на части называется декомпозицией.

Этот процесс разбиения продолжается до тех пор, пока не удастся представить соответствующий объект анализа в виде совокупности элементарных компонентов.

Необходимость таких действий обусловлена тем, что для отдельных подсистем объекта существенно проще предложить математическое описание, чем для всего объекта. В дальнейшем математическое описание объекта строится как совокупность математических описаний подсистемы.

6.2. Основные принципы математического моделирования экологических систем

Математическое моделирование является наиболее перспективным направлением решения задач экологии. Решение задач экологии на основе полномасштабных натурных экспериментов экономически затруднено, тогда как математическое моделирование позволяет эффективно исследовать воздействие антропогенных факторов на экосистемы с большим масштабом.

Принципиальные подходы в моделировании экологических систем разработаны А.А.Ляпуновым [5]. На основании кибернетических исследований автор установил, что построение математических моделей должно предусматривать три вида действий:

- 1) достаточно полное эмпирическое изучение процессов, подлежащих моделированию;
- 2) разработка математической теории, адекватно описывающей изучаемые процессы и построение модели;
- 3) проверка модели.

В этих положениях весьма четко изложена суть «технологии» моделирования и показано первостепенное значение эмпирического изучения объектов, что исключительно важно в связи с наблюдающейся недооценкой этой работы. Кроме того, в них указывается на целесообразность применения при построении моделей эвристического метода, который обеспечивает постепенное, с желаемой точностью приближение модели к реальному содержанию объекта или течению изучаемого процесса.

Математические модели в экологии удобно излагать в терминах системной динамики Дж. Форрестера [6]. Дж. Форрестером и группой Д.Л. Медоуза впервые были системно проанализированы некоторые глобальные экономические, демографические и экологические процессы. Причинно-следственные связи моделей строились специалистами в соответствующих областях знаний на основе большого фактического материала. Функционирование моделей изучали методом системной динамики [2].

Центральным понятием в построении формализованных моделей динамических процессов является понятие фазовых координат системы, характеризующих состояние системы в данный момент времени. Если известны внешние воздействия на систему, то знание фазовых координат в некоторый момент времени позволяет определить состояние системы в последующие моменты. Дж. Форрестер использует это фундаментальное понятие, но употребляет для него термин «уровень». Изменение уровня определяется величиной, которую он называет «темпом». Все системы, которые изменяются во времени, могут быть представлены как конструкции только уровней и темпов. Эти два типа переменных достаточны

для описания любой системы. Метод Дж. Форрестера – это метод обработки экспертных оценок, который препарирует проблему до той степени детализации, которая уже позволяет специалистам – экологам давать правдоподобные ответы.

6.2.1 Балансовые модели

При моделировании различных процессов в экологии, также как в физике, химии, экономике и других областях часто используют балансовые модели. Балансовый характер носят многочисленные модели продукции процесса, модели геохимических циклов, модели динамики биогеоценозов. Балансовые модели описывают динамику процессов переноса вещества и энергии. Балансовые модели – основной инструмент при изучении биологического круговорота элементов в почвоведении [7].

Для нахождения критических воздействий, за пределами которых возможны нарушения сложившихся в биосфере биогеохимических циклов необходимо проследить за балансом основных химических элементов и их соединений, установить нарушения в этих балансах, выяснить тенденции этих нарушений и определить пути их устранения. В общем виде балансовая модель [8] описывается уравнением:

$$\sum_{i=1}^k A_i - \sum_{i=1}^n A_i = \Delta$$

где - A_i приходная часть баланса, A_i - расходные статьи баланса, Δ - сальдо.

Современная масштабная антропогенная деятельность, в том числе уничтожение лесов и прочей естественной растительности, сокращает приходную часть баланса. Одновременное расширение химических и иных производств приводит к увеличению расходной статьи баланса. Для описания изменения баланса во времени используется следующее выражение [8]:

$$\Delta(t) = \Delta(0) + \int_0^t \left[\sum_{i=1}^k f_i(\bar{A}, \bar{U}) - \sum_{i=k+1}^n f_i(\bar{A}, \bar{U}) \right] dt$$

Если известны значения каждой из компонент вектора A в любой момент времени t , то представляется возможным достаточно достоверно судить о закономерности изменения величины $\Delta(t)$. Построив график поведения каждой из компонент A_i вектора A , получим фазовое пространство, в котором выполняются балансы. Введя ограничения для тех компонент вектора A , приходная часть баланса которых не может превышать расходную, устанавливаем критическую область фазового пространства. Попадание в эту область свидетельствует о том, что изменение величин баланса превосходит некоторое допустимое критическое значение [8].

На основе балансовых расчетов построена глобальная модель эмиссии диоксида углерода почвами мира [7].

6.2.2 Имитационные и аналитические модели

Математические модели динамических процессов в экологии можно разделить на аналитические и имитационные. К первым относятся модели, которые описывают некую идеальную систему, например, хищник - жертва. Такие модели не подлежат количественной проверке, но дают важное знание и понимание процессов в природе. Весьма затруднительно было бы найти в природе систему хищник- жертва, в которой было бы по одному виду хищников и одному виду жертв. Модель такой системы позволила установить возможность эндогенных колебаний численности видов. Имитационные модели описывают реальную систему и должны быть количественно проверены. Такие модели дают как прогноз динамики системы, так и могут быть использованы для понимания их сути.

Среди методов прикладного системного анализа имитационное моделирование является самым мощным инструментом исследования сложных систем, управление которыми связано с принятием решений в условиях неопределенности [9].

Имитационные модели в экологии основаны на гипотезах и функциональных зависимостях, выполняющихся с определенной точностью. Это означает, что модели в экологии основаны на приближенных знаниях. Уравнения, описывающие динамику в этих моделях, изобретаются авторами, у разных авторов модели одного явления уравнения могут различаться; если бы уравнения были окончательно определены, наука имитационного моделирования перешла бы в набор инженерных методов, однако в большинстве разделов экологии до этого сейчас далеко. Этим имитационные модели отличаются от моделей физических и химических процессов, в которых известны точные законы и уравнения, и лишь параметры в уравнениях известны приближенно [10].

Реалистичное описание природных явлений имитационными моделями не является доказанным в математическом отношении, а следует из практических расчетов на многочисленных примерах. Этому в значительной степени помогает то обстоятельство, что при разработке и идентификации имитационных моделей применяется мощная техника системного анализа, позволяющая как создавать, так и проверять правильность моделей в специально спланированных вычислительных экспериментах на ЭВМ. При этом имитационная модель может содержать от одной-двух переменных до сотен тысяч. Становление имитационного моделирования стало возможным именно со значительным развитием вычислительной техники в конце 60-х годов. В последние десять лет революционный вклад для облегчения разработки имитационных моделей дали вычислительные среды Delphi, C++ и другие, позволяющие применять при программировании визуальные компоненты и объектно-ориентированный подход [10].

6.3. Идентификация и верификация, как способы проверки достоверности результатов моделирования

Для проверки правильности имитационных моделей применяют идентификацию и верификацию. Идентификацией называется выбор численных значений параметров модели, а верификацией - сравнение данных, рассчитанных по модели со статистическими данными.

Для этого информация об измеренной динамике процессов, описываемых моделью, делится на две части. По одной части проводится идентификация, по другой верификация. Например, если модель описывает агроценоз, то для идентификации можно использовать данные измерений, проведенных за один год, а для верификации - за другой. При идентификации задаются измеренные внешние данные данного года (ход освещенности, температур, осадков и т.д.), начальные значения переменных и, если надо, граничные условия. Затем несколько раз просчитывается динамика переменных в течение года, при этом коэффициенты модели, варьируются в приемлемых с точки зрения точности их измерений пределах так, чтобы теоретическая кривая достаточно точно воспроизвела измеренный ход переменных за выбранный год. Если при заданных коэффициентах точность воспроизведения переменных получается достаточной, то переходят к верификации. С этой целью берут измеренные внешние данные, начальные значения переменных данных другого года и просчитывают динамику переменных в течение года при условии, что определенные при идентификации коэффициенты не меняются. Если точность воспроизведения переменных модели получается достаточной, то верификация считается удовлетворительной и модель можно применять на практике – строить прогнозы урожая. Точность воспроизведения переменных при идентификации и верификации обычно задается такой, чтобы она была не хуже точности измерения переменных модели. Более высокая точность возможна, но не нужна, а менее высокая точность – недостаточна.

В современной практике математического моделирования применение моделей, не прошедших идентификацию по части переменных не является редкостью [10]. Такими являются почти все модели глобальных биосферных процессов [11,17]. Например, в моделях глобального цикла углерода в биосфере

только одна переменная подвергается идентификации и верификации - количество углерода в атмосфере. Значения биомассы растений сушки и гумуса заданы только начальные.

Существуют имитационные модели для количественного расчета динамики переменных без идентификации. Такие модели, по сути, являются экстраполяцией в будущее данных измерений, сделанных в настоящем. К ним относятся модели, разработанные для оценки климатических [11, 18, 19] и экологических [20, 21] последствий крупномасштабной ядерной войны.

Для предсказания поведения реальной сложной системы необходим компьютерный эксперимент, имитация на модели при заданных исходных параметрах. Поведение компонентов сложной системы и их взаимодействие в имитационной модели описывается набором алгоритмов, реализуемых на некотором языке моделирования (рис.6.4).



Рис. 6.4. Цели имитационного моделирования [9]

Ответственный этап создания имитационной модели представляет собой этап составления формального описания объекта моделирования сложной системы. Цель этапа – получение исследователем формального представления алгоритмов поведения компонентов сложной системы и отражение вопросов взаимодействия между собой этих компонентов. При составлении формального описания модели исследователь использует тот или иной язык формализации. В зависимости от сложности объекта моделирования и внешней среды могут использоваться три вида формализации: аппроксимация явлений функциональными зависимостями, алгоритмическое описание происходящих в системе процессов, комбинированное представление в виде формул и алгоритмических записей [6].

При имитационном моделировании алгоритм, реализующий модель, воспроизводит процесс функционирования системы во времени. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени.

В результате по исходным данным получают сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Наиболее важным этапом построения модели сложной системы является этап содержательного описания объекта моделирования.

Работа на данном этапе построения модели сложной системы начинается с анализа постановки задачи. Совокупность сведений об объекте моделирования представляется в виде схем, текстов, таблиц экспериментальных данных, характеризующих анализируемую структуру и характер функционирования системы. При составлении моделей должна учитываться информация о внешних воздействиях и параметрах окружающей среды.

Как указывают А.Б. Горстко и Г.А. Угольницкий [8], моделирование биологического явления основывается на детальном его изучении. В результате должны быть определены основные элементы, участвующие в явлении, должна быть раскрыта причина или суть этого явления, перечислены основные фазы данного явления, определено воздействие явления на элементы.

Среди многочисленных существующих имитационных и аналитических моделей в экологии можно выделить модели В. Вольтерра «хищник – жертва»; модели экосистемного уровня; модели геохимических циклов; модели продукции процесса; модели распространения антропогенных загрязнений и модели воздействия загрязнений на экосистемы. **Вольтеровские модели** и их многообразные модификации представляют один из наиболее разработанных разделов математической экологии [22]. В данных моделях описываются популяции и сообщества живых организмов.

Отношения хищник – жертва – наиболее существенные для функционирования экосистем. В основу этой модели В. Вольтерра положил следующее: в отсутствии хищника популяция жертвы размножается экспоненциально; в отсутствии жертвы популяция хищника экспоненциально вымирает. Суммарное количество биомассы жертв, потребляемое популяцией хищника в единицу времени, линейно зависит от плотности популяции и жертвы, и хищника; потребленная хищником биомасса жертвы перерабатывается с постоянным коэффициентом в биомассу хищника; дополнительные факторы, влияющие на динамику популяции жертвы и хищника, отсутствуют.

Исходя из этих предположений модель может быть записана в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = \varepsilon_1 x_1 - \gamma_1 x_1 x_2 = (\varepsilon_1 - \gamma_1 x_2) x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} = \varepsilon_2 x_2 + \gamma_2 x_1 x_2 = (-\varepsilon_2 + \gamma_2 x_1) x_2, \end{cases}$$

где x_1 - плотность популяции жертвы; x_2 - плотность популяции хищника; $\varepsilon_1 > 0$ - скорость размножения популяции жертвы в отсутствии хищника; $\varepsilon_2 > 0$ - естественная смертность хищника; $\gamma_1 > 0$ - удельная скорость потребления популяцией хищника популяции жертвы при единичной плотности обеих популяций; $\gamma_2 > 0$ - коэффициент переработки потребленной хищником биомассы жертвы в собственную биомассу.

Для нахождения равновесий вышеприведенной системы решают систему алгебраических уравнений. Вольтеровские модели используют в экологии для изучения устойчивости биологических сообществ, пересечения экологических ниш, формирования трофических уровней [2].

Систему моделей можно формировать в соответствии с уровнями организации живой природы по Н.В. Тимофееву-Ресовскому [23], который выделял четыре уровня организации живой материи: клеточный, молекулярно-генетический, организменный, популяционно-видовой или биогеоценологический.

Математические модели в экологии часто относятся к двум последним уровням: популяционному и биогеоценологическому.

Важный раздел математической экологии посвящен моделям экосистемного или биогеоценологического уровня, в которых рассмотрено несколько математических моделей влияния возрастного состава экологической популяции на ее развитие [24]. Моделирование проводится путем численного решения динамической системы дифференциальных уравнений, относящейся к классу Вольтерровских систем и матриц Лесли.

6.4. Моделирование динамики развития экосистем на основе дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений

Для решения практических задач в диагностике все шире применяется моделирование динамики развития экосистем на основе дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений. Данный подход широко используется для моделирования динамики развития разнообразных биологических сообществ и, в частности, лесных массивов [24]., продуктивности лесных сообществ, миграции и накопления элементов в системе «почва-растение».

Наибольшую сложность при этом представляют два момента:

- правильный выбор уравнений и входящих в них параметров, описывающих величину влияния тех или иных параметров на состояние данного участка экосистемы;
- адекватное моделирование возрастных эффектов, а также пространственного распределения неоднородных экосистем.

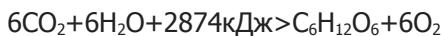
Разработана упрощённая **модель развития двувидового леса**, описывающая эволюцию популяции как единого целого, но не учитывающая ни пространственного распределения, ни возрастных эффектов. На этом этапе, по сути, выражают глобально-экологические требования, определяется характер основных взаимодействий [24].

Данная система является обобщением классической модели Вольтерра [22]. Коэффициенты являются комбинацией экспериментально установленной константы, определяющей развитие популяции в нормальных условиях, и некоторой поправочной функции. Данная модель допускает лишь самый грубый учет возрастных эффектов, т.к. в уравнения входят суммарные плотности биомассы (без деления на возрастные группы).

В работе Т.Г. Гильманова [25] на базе обобщения концепций экосистемы по А. Тэнсли и биогеоценоза по В.В.Сукачеву была сформулирована новая концепция экосистемы, как дифференциала биосферы. Под дифференциалом биосферы понимается идеальный внутренне однородный участок территории, выполняющий полный набор биогеоценотических функций и обеспечивающий возможность его моделирования на языке дифференциальных уравнений. Математическое описание экосистемы сводится к описанию математическими средствами ее состава, структуры и координат с тем, чтобы путем решения математических уравнений воспроизвести функционирование и эволюцию экосистемы при различных внешних условиях.

Модели продукционного процесса представляют собой один из самых распространенных классов моделей в экологии.

Продукционный процесс наземных растений включает четыре фундаментальных процесса: фотосинтез, отмирание, дыхание и рост. Основным процессом является фотосинтез:



В процессе фотосинтеза растения под воздействием энергии солнечной радиации, поглощая листьями из атмосферы CO_2 и корневой системой из почвы воду и питательные вещества, создают первичное органическое вещество в виде ассимилятов. Одновременно происходит транспирация - потребление и выход воды из листа, которая обеспечивает снабжение растений водой, питательными веществами и регулирует тепловой режим растений. Транспирация у высших растений регулируется шириной открытия устьиц. Скорость фотосинтеза зависит от интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР) - участка солнечного спектра в диапазоне 380-710 нм, водного и температурного режимов, концентрации CO_2 в атмосфере, плодородия почвы и видовых особенностей растений [10].

В последние годы в связи с увеличивающимся антропогенным воздействием большое значение приобрела оценка и прогнозирование динамики первичной продуктивности лесных экосистем. Моделирование растительных сообществ, в том числе лесных насаждений, как метод познания и направление исследований находится на начальном этапе своего развития.

Модели геохимических циклов описывают миграцию и накопление зольных элементов в системе «почва-растение», формирование биомассы и изменение запасов органического вещества почвы [26].

Не менее важным является **моделирование процесса фотосинтеза**, протекающего в отдельном растении, которое может рассматриваться как биомаркер при проведении диагностики природно-антропогенных экосистем. На динамику процесса оказывают влияние следующие факторы: концентрация углекислого газа, освещенность, температура (количество тепла), обеспеченность водой корневой системы, транспирация.

Второй фундаментальный процесс - дыхание растения. Если фотосинтез идет в листьях, то дыхание - результат процессов, протекающих во всех частях растения: в листьях, стволе, корнях. Дыхание обеспечивает снабжение энергией различных биохимических процессов синтеза, связанных с ростом растения, построением новых структурных элементов растений (дыхание роста). Кроме того, дыхание обеспечивает поддержание живых структур органов растений (дыхание существования). При этом затрачивается органическое вещество, накопленное в органах растений.

Чистая продукция органического вещества (неттофотосинтез) есть разность между приростом органического вещества в результате фотосинтеза (бруттофотосинтез) и его расходом при дыхании.

Чистый прирост биомассы обеспечен превышением фотосинтеза над дыханием. При достаточно большой температуре интенсивности фотосинтеза и дыхания становятся равными.

Третий фундаментальный процесс - рост растения. В модели, предложенной де Витом [27] постулируется, что свежие ассимиляты не используются немедленно на рост и накапливаются. Эти резервы используются при поступлении подходящих условий, зависящих от микроклимата. В обычных условиях сдвиг между производством ассимилятов и их использованием на рост небольшой - порядка нескольких часов. Ассимиляты используются на построение биомассы отдельных частей растений.

Моделирование роста растений требует задания функций распределения ассимилятов по органам - функций роста. Обычно это эмпирические зависимости, выражющие в явном виде распределение ассимилятов по органам растения в зависимости от физического времени или от «биологического» времени, которое определяется суммой среднесуточных «эффективных» температур.

Таким образом, модель развития фитоценоза включает следующие блоки: фотосинтетический, ростовой, гидрометеорологический, почвенный. Фотосинтетический блок задает расчет фотосинтеза, дыхания, транспирации. Ростовой блок описывает рост отдельных органов растений. В гидрометеорологическом блоке происходит расчет параметров внешней среды, распределения интенсивности ФАР, температуры, концентрации CO_2 и влажности воздуха по вертикали в фитоценозе, водного потенциала растения и почвы и т.д.

В зависимости от цели моделирования количество учитываемых в модели факторов бывает разным. Наиболее детальные модели построены для агроценозов [28,29,30]. В ряде случаев модели содержат до нескольких сотен переменных [31].

Модели продукционного цикла носят динамический характер. В процессе моделирования рассчитываются с учетом временного интервала все характеристики и параметры системы «почва – растение – приземный воздух». В результате расчетов можно получить определенные данные о нарастании сухой биомассы растений, об интенсивности увлажнения или иссушения почвы, о переносе, поглощении и трансформации неорганических и органических соединений [2].

Модели продукционного цикла, описывающие состояние лесной растительности можно разделить на две группы. К первой группе относятся модели, базирующиеся на подробном описании основных экологофизиологических закономерностей роста отдельного дерева и конкуренции между деревьями [32]. Вторая группа моделей – это «пленочные» модели, основанные на выделении однородных по некоторому признаку участков леса и описании динамики изменений состояния растительности как единого целого.

К настоящему времени в области математического моделирования распространения загрязнений в атмосфере накоплено много данных, полученных с помощью машинного эксперимента. С развитием современных вычислительных методов и фундаментальных исследований в этой области стало возможным создание визуально-прогностических моделей, обеспечивающих количественную оценку результатов последствий воздействия загрязняющих веществ на экосистемы. В основе этих моделей лежат фундаментальные разработки специальных вычислительных алгоритмов для решения определенного класса газодинамических задач.

В работе Д.В. Сузана [33] для моделирования распространения загрязнений в воздушной среде применяется транспортно-диффузионное уравнение, в котором выделяется несколько физических процессов. Для моделирования каждого из процессов применяются различные числовые методы. Транспортно-диффузионное уравнение описывает изменение концентрации вещества за счет адвективного и турбулентного переноса и физико-химических процессов:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \operatorname{div} c \vec{w} - \operatorname{div}(K \operatorname{grad} c) + rc = Q$$

где – концентрация субстанции, -матрица некоторых когнитивных коэффициентов, - поле скоростей адвекции, - поле эмиссии, - суммарный коэффициент, характеризующий интенсивность физико-химических процессов: сухого поглощения, влажного осаждения, химических превращений, радиоактивного распада и т.п.

Моделирование предполагает учет распространения загрязнений от произвольного количества источников любой формы, работающих в произвольном режиме.

Обобщенная модель миграции загрязняющих веществ в наземных экосистемах [34] описывает поверхность как двухкомпонентную составляющую. С одной стороны поверхность, на которую распределяется загрязняющее вещество из атмосферы, состоит из поверхности почвы S и, с другой стороны, из поверхности растущей на этой почве растительности $S_p(t)$. Поверхность, занятая растительностью, зависит от времени, прошедшего от начала вегетативного сезона, и видов растений.

Весь путь миграции загрязняющих веществ представляется в виде совокупности взаимодействующих друг с другом камер, каждая из которых является пространственно-временным кластером концентрации загрязняющего вещества. В случае древесного сообщества элементарным пространственно-временным кластером является устойчивое сочетание высшего растения со связанными с этим растением популяциями других живых организмов. Предполагается, что в первом приближении кластеры практически не зависят от физико-химических и эколого-физиологических параметров этого вещества [34].

Обобщенная модель [34] была сформирована в виде систем дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} q_s &= -(a_{sr} + a_{se} + \lambda)q_s + a_{es}(t)q_{er} + F_s(t), \\ q_r &= -[a_{rd} + a_{ni}(t) + \lambda]q_r + a_{sr}q_s, \\ q_e &= -[a_{es}(t) + a_{ei} + \mu_p + \lambda]q_e + a_{se}q_{sp} + F_e(t), \\ q_i &= -(\mu_p + \lambda)q_i + a_{ni}(t)q_r + a_{ei}q_e, \\ q_a &= -(\lambda_a + \lambda)q_a + \sum_{p=1}^p a_{pa}q_p + a_{wa}q_w, \end{aligned}$$

где - коэффициент переноса с поверхности в корнеобитаемую зону почвы; - коэффициент переноса из корнеобитаемой зоны почвы в нижележащие слои; - функция корневого потребления загрязняющего вещества; - коэффициент переноса с поверхности почвы на поверхность растений; - коэффициент переноса с поверхности растений на поверхность почвы; - коэффициент транслокации; - коэффициент переноса из кластера в животное при потреблении загрязняющих веществ с кормами; - максимальная удельная скорость роста растения; - количество загрязняющих веществ в камерах,

представляющих поверхность и корнеобитаемый слой почвы, поверхность и внутреннюю часть растительности, животных и поверхностные воды.

Валидация модели проводилась на основе сравнения ее предсказаний с экспериментальными данными [35], полученными для выпадений I131 в Италии. Полученные результаты показали возможность адекватного динамического описания процесса миграции загрязняющих веществ в наземной среде на основе кластерного представления.

В работе [36] для получения комплексной модели, входной переменной которой является годовой выброс загрязняющих веществ $Q(t)$, а на выходе которой получается пространственная картина изменения зон деградации леса, применяется модель переноса загрязнений в атмосфере.

В качестве такой модели была выбрана существующая модель [37], которая представляет собой аппроксимационные формулы, полученные в результате численного решения дифференциальных уравнений переноса и диффузии.

Концентрация загрязняющих веществ в направлении на расстоянии от источника с интенсивностью выброса задается формулой:

$$C_k = \left(\frac{1}{2 \cdot \pi^5} \right) \cdot N \cdot \frac{Q_t \cdot P_k \cdot f_w}{l \cdot \sigma_z \cdot u_k} \cdot \exp \left(- \frac{h_{\text{эфф}}^2}{2 \cdot \sigma_x^2} \right)$$

где принимает значения от 1 до 8 и выражает номер разбиения по направлению ветра. Принято количество направлений ветра = 8, т.е. используется роза ветров по восьми направлениям. Здесь - вероятность ветра направления - среднегодовая скорость ветра в направлении , - эффективная высота трубы, - функция от для климатических условий данного региона близка к линейной и задается соотношением , где - коэффициент турбулентной диффузии - коэффициент обеднения за счет вымывания осадками.

Значения параметров, входящих в эту модель брались из литературных данных, значения параметров и уточнялись в процессе идентификации.

В настоящее время существует ограниченное количество моделей, описывающих воздействие атмосферных загрязнений на лесные биогеоценозы [36, 38, 39]. Это связано, во-первых, с трудностью проведения комплексных исследований в достаточно больших регионах, являющихся сферой воздействия промышленных загрязнений. Во-вторых, модели такого типа в западных странах чаще всего являются коммерческими и не публикуются.

Наиболее трудной проблемой в моделировании лесных экосистем является сбор необходимого количества сведений об объектах или процессах для разработки адекватных математических теорий, поскольку жизнь и строение биогеоценозов зависят от множества взаимосвязанных экологических и антропогенных факторов, весьма динамичных во времени и пространстве. Разработку экологических моделей лесных биогеоценозов целесообразно разделить на два этапа. Первый этап включает изучение и математическое описание закономерностей динамики процессов в связи с почвенно-гидрологическими условиями, на втором этапе учитываются связи с климатическими факторами [40].

Результатом математического моделирования экологических процессов является информация, носящая прогнозно-оценочный характер. Данная информация может давать прогноз состояния отраслевой или региональной системы, а также прогноз состояния отдельных элементов биосфера. Математическое моделирование в экологии позволяет давать количественную оценку интенсивности экологических процессов и предлагать наиболее оптимальные пути разрешения экологических проблем.

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 6

1. На чем основывается и для каких целей разработан системный подход?
2. Какие семь этапов можно выделить в системном анализе?
3. Что представляет из себя модель «черного ящика»?
4. На какие три класса можно подразделить множество векторов выходных переменных при построении математической модели?
5. Что такое математическая модель и какие формы она может иметь?
6. Перечислите требования, которым должна удовлетворять математическая модель.
7. Что такое декомпозиция и до каких пор ее можно продолжать?
8. Каким методом изучается динамика функционирование моделей?
9. Для чего используются и что описывают балансовые модели?
10. Какие модели описывают идеальную систему, например систему «хищник – жертва»?
11. На чем основывается имитационное моделирование?
12. Почему реалистичное описание природных явлений имитационными моделями не является доказанным в математическом отношении?
13. Сколько переменных может содержать имитационная модель?
14. Какие данные можно использовать для идентификации и верификации модели агроценоза?
15. Когда верификация модели считается удовлетворительной?
16. Какие модели чаще всего не проходят идентификацию?
17. Можно ли использовать имитационные модели без идентификации?
18. Перечислите цели имитационного моделирования.
19. Какие постулаты положены в основу модели Вольтерра «хищник - жертва»?
20. Что понимается под «дифференциалом биосферы»?
21. Какие четыре фундаментальных процесса включает продукционный процесс наземных растений?
22. Что описывают модели геохимических циклов?
23. Перечислите факторы, влияющие на динамику процесса фотосинтеза.
24. От каких переменных зависит функция, описывающая дыхание растения?
25. Чем обусловлен чистый прирост биомассы?
26. Какие блоки должна включать модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
2. Агроэкология. Методология, технология, экономика. Черников В.А., Грингоф И.Г., Емцев В.Т. и др. –М.: КолосС, 2004.- 400 с.
3. Джейферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир,1981. - 256 с.
4. Антонов А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 454 с.
5. Ляпунов А.А. О математическом моделировании в проблеме «Человек и биосфера». – В кн.: Моделирование биогеоценотических процессов. М., 1981. – с. 5-29.
6. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. – М., 1971.- 458с.
7. Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. – СПб.: «Иван Федоров», 2003.- 240 с.
8. Горстко А.Б., Угольницкий Г.А. Введение в моделирование эколого-экономических систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 1990.- 111 с.
9. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. – 418 с.

10. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 232 с.
11. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. – М.: Наука, 1985.- 251 с.
12. Bolin B., Eriksson E. Changes in the carbon content of the atmosphere and the sea due to fossil fuel combustion // The atmosphere and the sea in motion. Rossby Memorial Volume / Ed.: Bolin B. – N.Y.: Rockefeller Inst. Press, 1959.p. 130-143.
13. Eriksson E., Welander P. On a mathematical model of the carbon cycle in nature // Tellus. 1956. V. 8.- p. 155-175.
14. Machta L. The role of the oceans and the biosphere n the carbon dioxide cycle // Gothenburg, Nobel Symp., August 16-20. 1971. p. 37-47.
15. Revelle R., Suess H.E. Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO during the past decades // Tellus. 1957. V. 9.p. 18-27.
16. Tarko A.M., Nefedova E.I., Usatyuk V.V. Prediction of Regional and Global Human Impacts on Climate and Biosphere with the Aid of Coupled Carbon Cycle and Climate models. // In: Climate Variability and Climate Change Vulnerability and Adaptation. Proc. of the Regional Workshop. Ed.: Ivana Nemesova. Prague, Czech Republic, Inst. of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, 1996- p. 147-162.
17. Welander P. On the frequency response of some different models describing the transient exchange of mattter between the atmosphere and sea. // Tellus. – 1959. - V. 11. - p. 348-354.
18. Aleksandrov V.V., Stenchikov G.L. On the modelling of the climatic consequences of the nuclear war. // Moscow: Computer Center, USSR Acad. Sci. - 1983.- p. 10.
19. Environmental Consequences of Nuclear War. Physical and Atmospheric Effects. SCOPE 28. - Eds.: Pittock A.B., Ackerman T.P., Crutzen P.J., MacCracken M.C., Shapiro C.S., Turco R.P. - Wiley, U.K., 1985. - V. 1.- 359 р.
20. Александров Г.А., Арманд А.Д., Свирежев Ю.М., Тарко А.М. и др. Математические модели экосистем. Экологические и демографические последствия ядерной войны. // Под ред. А.А. Дородницына. // М.: Наука, 1986. – 176 с.
21. Environmental Consequences of Nuclear War. Ecological and Agricultural Effects. SCOPE 28. - Eds.: Harwell M.A., Hutchinson T.C. - Wiley, U.K., 1985. - V. 2. – 523 р.
22. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976.- 288 с.
23. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977. -297 с.
24. Кирьянов Д.В., Кирьянова Е.Н., Козлов Н.И., Кузнецов В.И. Моделирование влияния возрастных эффектов на развитие лесных биоценозов, http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep24/prep2005_24.html
25. Гильманов Т.Г. Теоретические основы математического моделирования экосистем. М.-1992, дисс. на соиск. уч. ст. д.б.н., М. 1992. -285 с.
26. Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А. Жизнь в почве. –М.:Молодая гвардия, 1985. – 191 с.
27. de Wit C.T. Photosynthesis of leaf canopies. // Agric. Res. Rep. - 1966. - V. 663. - p. 1-57.
28. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивность агрозаисистем. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1981. - 167 с.
29. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и сельскохозяйственную продуктивность России. – Метеорология и гидрология, 1994, № 4. – с. 34-39.
30. Alcamo J., Dronin N., Endejan M., Golubev G., and Kirilenko A. – Will Climate Change Affect Food and Water Security in Russia? – Summary Report of the International Project on Global Environmental Change and its Threat to Food and Water Security, Center of Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany, 2003. – 27 р.

31. Impact of climatic changes on the biosphere. // Climatic impact assessment program. - N.Y.: Department of transportation. - 1975.-p. 45-49.
32. Shugart H.H. A Theory of Forest Dynamics. N.Y.: Springer – Verlag. 1984. – 238 с.
33. Сузан Д.В. Математическое моделирование распространения загрязнений в воздушной среде. Дисс. на соиск. уч. ст. к.ф-м.н. М. , 2003. – 124 с.
34. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. – СПб.: Наука, 1997. – 247 с.
35. Облучение в результате Чернобыльской аварии. Приложение доклада НКДАР за 1988 г. Генеральной Ассамблеи ООН. Нью-Йорк: ООН, 1988.- с. 27
36. Тарко А.М., Быкадоров А.В., Крючков В.В. Моделирование действия атмосферных загрязнений на лесные экосистемы в регионе. Доклады Академии Наук, 1995, том 341, №4. - с. 571-573.
37. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. Энергоатомиздат, 1991.- 352 с.
38. Ямбург С.Е., Салиев А.В., Алферов А.М. и др. Оценка и прогноз площадей повреждения древостоев фитотоксичными аэропромывбросами. ВНИИЦЛЕСРЕСУРС, 1999. - с. 31-44.
39. Гришин А.М. Математическая модель взаимодействия лесной растительности с атмосферой. Проблемы мониторинга и моделирования динамики лесных экосистем, «Эколес», 1995.- с. 104-128.
40. Казимиров Н.И. Моделирование лесных биогеоценозов. – Петрозаводск, 1986. – 136 с.

ГЛАВА 7. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Классификация объектов экологической диагностики по видам природопользования и по степени экологической опасности. Классификация антропогенных процессов по типу обмена веществом и энергией со средой. Урбанизированные территории. Городской каркас. Концепции оценки и диагностики городских объектов. Промышленный каркас. Зоны повышенной техногенной нагрузки (промышленные зоны). Оценка экологической опасности технологий. Экологический каркас. Природные объекты и территории Внутренние жилые и производственные помещения. Опасные и вредные факторы. Основные контролируемые параметры при оценке экологической безопасности внутренних помещений.

Городские экосистемы являются наиболее широко представленными природно-антропогенными системами. Они достаточно разнообразны как по своему функциональному устройству и уровню антропогенной нагрузки, так и по компонентному составу. Этот вопрос подробно освещался в главе 1 данного пособия. Следует отметить, что из всех типов природно-антропогенных систем именно городские экосистемы сочетают в себе максимальное количество функциональных составляющих и различных потоков нагрузок (рис. 7.1).

Для достоверной и своевременной экологической диагностики таких систем важно учитывать уровень техногенной нагрузки, который существенно отличается, например, для рекреационных и промышленных городских зон. На данной схеме выделены пять типов потоков, различающихся по интенсивности и вектору направления воздействия.



Рис. 7.1. Схема диагностики городских экосистем

Если демографическая, техногенная и жилищно-коммунальная составляющие оказывают негативное воздействие на все компоненты окружающей среды и представляют собой положительный (по направлению воздействия) поток нагрузок на экосистему, то реабилитационная составляющая направлена против этого воздействия, то есть, противоположна по направлению. Климат, географическое расположение территории и другие макропараметры естественной составляющей могут как усиливать негативное воздействие, то есть совпадать по знаку с первым потоком, так и оказывать стабилизирующий эффект на экосистему, то есть совпадать по направлению со вторым потоком. Вычленение потоков нагрузок для конкретной экосистемы позволяет определить макропараметры, вносящие основной вклад в увеличение или снижение нагрузки. Для выделенных макропараметров могут быть определены диагностические критерии, на основании которых можно провести интегральную оценку экосистемы. Таким образом, проблема оценки состояния экосистемы сводится к обоснованному отбору информативных признаков, нахождению градаций или оценочных шкал (качества, продуктивности, устойчивости, благополучия и т.д.).

Условия функционирования экосистем характеризуются нормой состояния на основе системы критериев, позволяющих выделить границы различных состояний экосистемы и нормой воздействия, не вызывающего необратимых последствий [3]. Интегральная оценка традиционно предполагает наличие этапа, связанного с объединением в одно целое разнородных многокритериальных оценок с учетом их вклада в общую оценку. Для достижения конечной цели должны быть реализованы основные этапы построения интегральных моделей:

- выбор необходимых и достаточных параметров, описывающих исследуемое свойство или состояние исследуемого объекта;
- определение набора классов, отражающих исследуемое свойство или состояние объекта при различных уровнях антропогенного воздействия;
- нахождение для исходных параметров соответствующих градаций и оценочных шкал;
- выбор правила нормирование и нормирование исходных параметров;

- выбор приоритетов оценивания;
- выбор синтезирующей функции (вида интегрального показателя);
- зонирование территории по величине интегрального показателя

7.1 Классификация объектов диагностики городских экосистем

Традиционной и исторически обоснованной является классификация объектов экологической диагностики городских экосистем в зависимости от видов природопользования. В соответствии с этой классификацией рассматривается распределение отраслей в производственной и непроизводственной сфере (рис. 7.2, табл. 7.1) [4]. В этом случае отрасли хозяйства могут рассматриваться как совокупность единичных стационарных и передвижных источников загрязнения окружающей среды. Следует отметить, что такая классификация используется отраслевыми НИИ при проектировании промышленных и строительных объектов и лежит в основе процедуры ОВОС (оценки воздействия на окружающую среду).

В основу другой, более современной классификации объектов экологической диагностики городских экосистем, положена классификация процессов по типу обмена веществом и энергией со средой. Данная классификация рассматривает процессы обмена веществом и энергией между природно-техногенными экосистемами ([ПТС](#)).

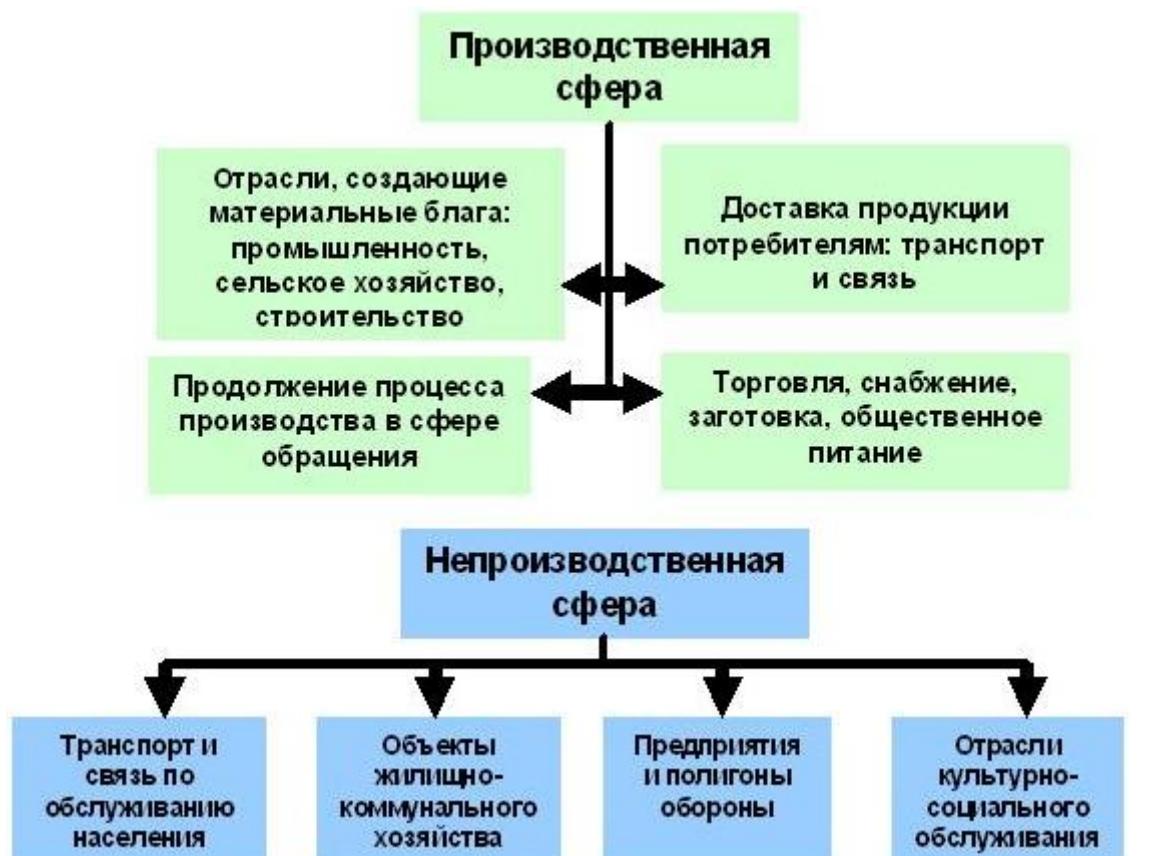


Рис. 7.2. Распределение отраслей в производственной и непроизводственной сфере

Таблица 7.1

Типы объектов диагностики по отраслям народного хозяйства

№№	Объекты проектирования	Подразделения
1	Строительство	Градостроение, сельские поселения, коттеджное и индивидуальное строительство
2	Энергетика	Гидроэнергетика, тепловая, атомная, нетрадиционная

3	Промышленность	Черная и цветная металлургия, химическая, лесоперерабатывающая, строительных материалов, легкая, пищевая, агропромышленного комплекса
4	Транспорт	Морской, речной, железнодорожный, авиационный, трубопроводный
5	Сельское хозяйство	Животноводство, земледелие, мелиоративные объекты
6	Оборонные	Полигоны, склады, воинские части и т.д.
7	Рекреационные	
8	Природоохранные	ООПТ различных категорий, садово-парковое хозяйство, санатории, дома отдыха, реабилитационные центры, памятники истории и культуры и т.д.
9	Культурно-исторические	
10	Биотехнологические	Очистные станции, поля аэрации, биологические пруды и т.д.

Некоторыми авторами [5, 6] выделяются семь типов процессов, вызванных применением техники и могущих вызвать негативные последствия:

1. *Поступление в природную среду чужеродной субстанции* (твердые отходы, выбросы, сбросы, затопление, выделение и развитие микроорганизмов, электромагнитное излучение и т.д.);
2. *Извлечение из природы субстанции* (добыча полезных ископаемых, забор воды, заготовка леса, сбор растительной биомассы, промысел животных и рыб);
3. *Блокирование* (остановка естественных материальных и энергетических потоков);
4. *Ускорение потоков без приложения внешней силы* (спрямление русел рек, дренаж, вынос мальков на поля с поливной водой и т.д.);
5. *Превращения субстанции* (замерзание почвенной влаги, таяние вечной мерзлоты, минерализация гумуса при осушении, выщелачивание почв и горных пород и т.д.);
6. *Мобилизация* (передвижение) субстанции (миграция животных, движение потоков нагретого воздуха, подвижки блоков земной коры и т.д.);
7. *Иммобилизация* (застаивание) субстанции (осаждение речных наносов, заболачивание вырубок, задержание снега вдоль дорог, накопление пестицидов, гербицидов в почве и т.д.).

Как правило, в одной и той же техногенной системе протекают комплексные процессы, что приводит к кумулятивным эффектам.

Третьим типом классификации является классификация по степени экологической опасности – базируется на оценке *землеемкости, ресурсоемкости, отходности*. Данная классификация позволяет провести экспресс-оценку экологической опасности (или безопасности) любого промышленного или строительного объекта, поэтому также широко используется в экологической диагностике и оценке воздействия, особенно при составлении инвестиционного замысла.

Землеемкость – размер территории, занятой собственно объектом и зоной его влияния на ландшафт. Удельная землеемкость – размер земельной площади, необходимой для производства единицы продукции. Например, для производства 1 тыс. кВт электроэнергии Рыбинской ГЭС затоплено 13,3 км² земель.

Ресурсоемкость – количество изымаемых природных ресурсов для производства валовой продукции (аналогично удельная ресурсоемкость). Например: удельная водоемкость для производства 1 т чугуна – 5 т, стали – 30 т, целлюлозы – 500 т.

Отходность – материальные потоки техногенных веществ в природную среду. Оценивается количеством поступающих веществ в единицах веса или объема на единицу площади за определенный интервал времени.

7.2 Методы диагностики урбанизированных территорий

Современные поселения, независимо от их площади, плотности населения, места расположения, представляют собой селитебно-производственные ландшафтные системы - открытые, гетерогенные, сложноорганизованные, полифункциональные, дискретные, динамичные экосистемы. Они формируются человеком под действием социально-экономических, историко-политических, климатических и других условий. Динамичность таких систем в современных условиях жизни человека и при современных темпах развития производства также резко возрастает. Поэтому диагностика таких изменений требует новых подходов. Одним из методов их изучения является метод селитебно-ландшафтного районирования [1]. Такой метод включает в себя сопряженный пространственно-временной анализ особенностей индивидуальной и типологической структуры природно-территориального комплекса и селитебно-производственной ландшафтной системы, а также разработку классификаций селитебных геосистем по их ландшафтному положению [2].

В городских экосистемах некоторые авторы [3] выделяют следующие типы ландшафтов:

- селитебные (с малоэтажной и с многоэтажной застройкой);
- промышленные (коммунально-складские и заводские);
- дорожные;
- рекреационные;
- аквальные комплексы;
- экспроптивные комплексы;

Однако такой подход носит очень обобщенный характер. Поэтому для каждого конкретного населенного пункта *ландшафтное зонирование* проводится с учетом территориальных, экологических, климатических и др. особенностей. *Ландшафтное зонирование* - оценка больших по площади территорий и отдельных элементов методом ландшафтного анализа. Для *урбанизированных территорий* предметную область ландшафтного зонирования составляет регламентация соотношения открытых ландшафтов и застроенных пространств, с одной стороны, и природных и урбанизированных территорий - с другой. Например, укрупненное [ландшафтное зонирование](#) территории Москвы устанавливает 12 типов ландшафтных зон [2]:

- [зоны преимущественных ландшафтов](#), в т.ч.:
 - застроенные слабоозелененные (А);
 - застроенные озелененные (Б);
 - незастроенные слабоозелененные (В);
 - незастроенные озелененные (Г);
 - озелененные (Д);
 - природные (Е);
- [зоны смешанных ландшафтов](#), в т. ч.:
 - застроенные смешанные (АБ);
 - незастроенные смешанные (ДЕ);
 - неурбанизированные смешанные (ДЕ);
 - урбанизированные смешанные (А+Б, В+Г);
 - частично урбанизированные смешанные (В+Г, Д+Е);
 - контрастные смешанные (А+Б, Д+Е).

На основе ландшафтного зонирования обычно проводится *функциональное зонирование* урбанизированных территорий. В городах устанавливаются следующие типы функционального назначения участков территории [17]:

- природные (А), в том числе природоохранные (А1) и природно-рекреационные (А2);
 - общественные (Б), в том числе административно-деловые (Б1), учебно-образовательные (Б2), торгово-бытовые (Б3), культурно-просветительные (Б4), спортивно-рекреационные (Б5), лечебно-оздоровительные (Б6), учебно-воспитательные (Б7);
 - жилые (В), в том числе многоквартирных жилых домов (В1) и индивидуальных жилых домов (В2);
 - производственные (Г), в том числе промышленные (Г1), коммунально-складские (Г2), жилищно-коммунальные (Г3) и специального назначения (Г4).

Анализ функционального зонирования городской среды позволяет выделить *гомогенные ландшафтно-функциональные комплексы* - городские ландшафты, которые являются либо техногенными модификациями природных комплексов, либо вновь созданными техногенными комплексами, либо различными сочетаниями природных комплексов и технических сооружений.

С практикой функционального зонирования хорошо согласуется практика объединения зон в каркасы: городской, промышленный и экологический. В городской каркас включаются жилые комплексы селитебных зон и связанная с ними социальная и коммунальная инфраструктура; в промышленный каркас объединяются все промышленные комплексы и транспортная сеть; экологический каркас составляют все рекреационные и природные зоны, а также санитарно-защитные зоны предприятий и транспортных коридоров.

Методика интегральной оценки состояния окружающей среды и районирования территории по степени экологической напряженности включает три следующих принципиальных положения:

- критерии (показатели) уровня экологической напряженности должны быть типичными для всех административных районов и наиболее ярко отражать эффект воздействия неблагоприятных экологических факторов;
 - все карты экологического районирования, как промежуточные, так и интегральные, должны строиться на основе единого подхода, например, балльной оценки;
 - при прочих равных условиях более напряженным в экологическом отношении считается тот административный район, где отмечается более высокая плотность проживающего населения.

Из большого числа показателей уровня экологической напряженности выбираются те, которые составляют основу характерной для городов трехзвенной экологической цепи: уровень антропогенной нагрузки (промышленная, сельскохозяйственная, транспортная) - уровень загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, питьевой воды, почв и сельхозпродукции) - здоровье человека. Пример балльной оценки этих семи показателей для некоторых районов Ростовской области приведен в табл. 7.2 [7]. Средний балл, может варьироваться от 1 до 4, что соответствует изменению экологической обстановки от относительно удовлетворительной до кризисной.

Таблица 7.2

Сводная таблица критериев для оценки экологической ситуации в Ростовской области [7]

Районы	Антропогенная нагрузка			Загрязнение окружающей среды				Сост. здорово* вья*	Сумма баллов	Средний балл	Балл по плотности населения	Итоговый балл
	промышленная	с/хозяйственная	транспортная	по чв	с/х продукции	воздуха	питьевой воды					
Удовлетворительная ситуация												
1. Боковский	1	1	1	2	3	1	1	3	13	2	1	1
2. Советский	1	1	1	2	3	1	1	3	13	2	1	1
Напряженная ситуация												
1. Орловский	1	1	2	2	3	1	2	3	15	2	2	2
2. Пролетарский	2	3	1	3	3	1	3	3	19	2	2	2
Критическая ситуация												
1. Багаевский	2	5	4	1	5	1	1	3	22	3	3	3
2. Белокалитвинский	5	2	3	2	4	1	3	3	23	3	3	3
Кризисная ситуация												
3. Азовский	4	5	5	2	5	1	4	4	30	4	5	4
4. Октябрьский	5	4	4	1	5	2	2	4	27	3	5	4

Таким образом, в структуре антропогенного воздействия на окружающую среду наибольшую роль играют демографическая (плотность населения), промышленная, сельскохозяйственная и транспортная нагрузки. Все они характерны для урбанизированных территорий, хотя и неравнозначны по своему влиянию на экологическое состояние территории. Показатели антропогенной нагрузки определяются как средневзвешенные за несколько лет и далее обобщаются в балльной оценке.

В мировой практике традиционно сложились три основных направления экологической диагностики урбанизированных территорий:

- анализ воздушной среды и выбросов в атмосферу, как главного фактора создания экологической ситуации в регионе;
- анализ водооборота города, как основного потребителя и загрязнителя природных вод с экологической оценкой качества питьевых и хозяйственных вод и экологической опасности стоков;
- анализ депонирующих (аккумулирующих) сред, включающих снег, почвы, растения, донные отложения водоемов, по химическому составу которых можно судить о комбинированном загрязнении городской среды.

7.2.1 Анализ воздушной городской среды и выбросов в атмосферу

Промышленность остается главным фактором негативного воздействия на природную среду. Последствия такого воздействия многообразны: изменение форм рельефа в результате горных разработок,

изъятие естественных участков под промышленные объекты, загрязнение атмосферы, водных объектов, почвенного покрова и т.д. Степень воздействия промышленности на окружающую среду зависит не только от масштабов промышленного производства, мощности отдельных предприятий и территориальной их концентрации, но и от вредности некоторых видов производств.

При оценке экологической опасности промышленного загрязнения атмосферы города рассчитывается коэффициент токсичности отрасли промышленности. При классификации отраслей промышленности по токсичности веществ, выбрасываемых в атмосферу, учитываются следующие характеристики:

- разнообразие выбрасываемых веществ;
- класс токсичности выбрасываемых веществ;
- объемы выбросов отдельных примесей;
- предельно допустимые концентрации загрязнителей.

Расчет коэффициента токсичности выбросов производится по следующей формуле [12]:

$$K_{\text{тк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

где C_i – ПДК выбрасываемого отраслью промышленности i -того вещества; M_i – объем выбросов того или иного вещества; n – число выбрасываемых веществ.

Интегральный показатель интенсивности воздействия – позволяет оценить поступление выбросов в единицу времени на единицу поверхности, чаще всего рассчитывается в $\text{т}/\text{км}^2$ в год. Для выявления воздействия можно также использовать методы биотестирования и биоиндикации, приемы ландшафтной индикации загрязнения природной среды (см. гл.3). Уровень воздействия оценивают по одной или нескольким депонирующими средам, например: снежному покрову, почвам, травянистой растительности, мхам и лишайникам, беспозвоночным и т.д.

Анализ всех показателей позволяет подразделить все отрасли промышленности по степени экологической опасности, и в первую очередь по опасности выбросов в атмосферу, на четыре группы (табл. 7.3).

Для выявления и нивелирования негативных техногенных воздействий применяются расчетные методы оценки экологической опасности промышленных объектов или территорий. К таким методам относятся:

- метод материальных балансов и технических расчетов;
- метод технологической альтернативы;
- метод прогнозирования экологического риска;
- методы регистрации экологических последствий технологий производства;
- методы оценки экологической опасности технологий.

Таблица 7.3

Классификация отраслей промышленности по степени их экологической опасности

Отрасли промышленности	Индекс экологической опасности, по отношению к валовой продукции	Степень экологической опасности
Цветная металлургия	10,1 - 15,0	Чрезвычайно опасная

Микробиологическая		
Химическая		
Нефтехимическая		
Черная металлургия	5,1 - 10,0	Очень опасная
Теплоэнергетика		
Лесная, лесообрабатывающая		
целлюлозно-бумажная		
Топливная	1,1 - 5,0	Опасная
Промышленность		
стройматериалов		
Пищевая		
Машиностроение и	0,05 - 1,0	Умеренно опасная
металлообработка		
Легкая		

Основное место занимают балансовые методы. Методом материального баланса можно рассчитать баланс основных сырьевых и энергетических потоков, а также учесть количества образующихся загрязняющих веществ в каждом технологическом процессе и в «конце трубы». Балансовые схемы потоков позволяют выявить источники выбросов и сбросов, дать их количественную и качественную оценку, и в целом охарактеризовать все каналы связи технологии и природной среды. Пример материального баланса по среднесуточным показателям для предприятия черной металлургии приведен на рис. 7.3.

7.2.2 Анализ водооборота урбанизированных территорий

При анализе водооборота территории в первую очередь проводится оценка качества питьевой воды. В основе экологической оценки лежит информация центра Госсанэпиднадзора о качестве питьевой воды по органолептическим, токсикологическим и бактериологическим показателям в местах водозаборов централизованного водоснабжения.



Рис. 7.3. Схема материального баланса для предприятия черной металлургии [4]

Итоговая оценка качества воды складывается из двух частных, одна из которых характеризует содержание токсичных веществ и органолептические свойства, другая - бактериологические показатели. В последнем случае определяющим параметром является величина коли-индекса. Химическое загрязнение

контролируется рядом параметров, к которым относится класс опасности загрязняющего вещества, степень превышения его содержания над ПДК и общее количество загрязняющих веществ в воде.

Оценка качества хозяйственных вод несколько отличается от оценки качества питьевой воды. Например, к технической воде предъявляются требования не столько по органолептическим показателям, сколько по химическому составу. Вода должна соответствовать определенным значениям показателей:

- карбонатной жесткости,
- кислотности pH,
- содержанию взвешенных веществ и биогенных элементов,
- значению ХПК (химическая потребность в кислороде) и др.

Качество воды, используемой в производстве, устанавливается в каждом случае в зависимости от ее назначения и требований технологического процесса с учетом состава используемого сырья, применяемого оборудования и особенностей готового продукта производства. Требования к воде различного назначения приведены в табл. 7.4 [18,19].

Таблица 7.4

Показатели состава и свойств воды	Критерии по категории водопользования	
	Хозяйственно-бытового назначения	Рыбо-хозяйственного водопользования
Взвешенные вещества	Не более 0,25 мг/л	
Плавающие вещества	На поверхности не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, других примесей	
Запах, привкус, окраска	Запах и привкус интенсивностью не более 2 баллов, окраска не обнаруживается	Вода не должна приобретать посторонние запахи, привкусы и окраску и сообщать их мясу рыбы
Температура	Повышение (летом) – не более 30С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет	Повышение по сравнению с естественной Т водоема не более, чем на 50С
Реакция	pH среды не превышает 6,5 –8,5	
Минеральный состав	Количество сухого остатка не более 1000 мг/л	
Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года	Не менее 6 мг/л в любой период года (летом до 12 часов дня)
Ядовитые вещества	Ниже ПДК	Не превышать концентраций, могущих оказывать вредное влияние на организмы и рыб

Оценка экологической опасности стоков, проводится в зависимости от их происхождения. Бытовые стоки, содержащие преимущественно органические вещества и ПАВ, контролируются на станциях водоочистки. Контролируемыми показателями являются БПК, ХПК, концентрация взвешенных веществ и др. Список контролируемых параметров приведен в табл. 7.5.

Промышленные сточные воды (ПСВ) весьма разнообразны по своему количественному и качественному составу и зависят от типа промышленного предприятия. К основным загрязняющим веществам в ПСВ относятся:

- механические взвеси (песок, окалина, металлическая стружка, пыль, флюсы, волокна хлопчатника и т.д.);
- минеральные масла и другие нефтепродукты;
- неорганические кислоты и их соли;
- щелочи;
- поверхностно-активные вещества (ПАВ);
- неорганические соли тяжелых металлов.

Таблица 7.5

Контролируемые показатели бытовых сточных вод [20]

Физико-химические Характеристики	Международные стандарты ИСО 14000
Уровень pH	10523:1994
Растворенный кислород	5814:1990
Щелочность	9963-1:1994
Удельная электрическая проводимость	2540
Биохимическая потребность в кислороде (БПК)	5815:1989
Химическое потребление кислорода (ХПК)	6060:1989
Содержание сухих веществ	11465:1993
Содержание взвешенных веществ	11923:1997
Содержание оседающих веществ	Объемный
Органические и неорганические формы азота:	10048:1991
Нитраты	7890-2:1986
Нитриты	6777:1984
Фосфор	6878:1:1986
Хлориды	9297:1989
Сульфаты	9280:1990
Масла и жиры	5520
Поверхностно-активные вещества	7875-1:1996

Часть вредных веществ переходит в грунтовые и подземные воды, просачиваясь сквозь почву. В этом случае часть механических примесей отфильтровывается и остается в верхнем слое почвы. Однако вещества, находящиеся в растворенном состоянии, легко мигрируют и могут вступать во взаимодействие с природными веществами. Из загрязняющих подземные воды веществ преобладают: ионы тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть); сульфаты; хлориды; соединения азота; нефтепродукты; фенолы. Состав сточных вод контролируется самим промышленным предприятием и может быть отражен в экологическом паспорте предприятия.

Помимо оценки качества питьевых и хозяйственных вод, а также оценки экологической опасности стоков, проводится анализ состояния поверхностных и грунтовых вод. Для этого используются данные режимных наблюдений, осуществляемых Государственной службой наблюдений (ГСН) за состоянием природной среды управления Гидрометеослужбы Росгидромета. Комплексная оценка поверхностных вод проводится с учетом одновременного присутствия в них ряда загрязняющих веществ. Согласно классификации качества воды по степени загрязненности, качество воды может быть охарактеризовано одним из следующих классов:

I класс - условно чистая;

II класс - слабо загрязненная;

III класс - загрязненная и очень загрязненная;

IV - грязная и очень грязная;

V - чрезвычайно грязная.

Основным критерием оценки степени загрязненности воды является удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗ). Эта условная безразмерная величина показывает долю загрязняющего эффекта, вносимого каждым из критических показателей загрязненности воды. В расчете величины УКИЗ используются следующие характеристики [11]:

- уровень загрязненности;
- средняя кратность превышения ПДК по каждому из учтенных ингредиентов;
- частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК, по каждому из учтенных ингредиентов;
- число учтенных в расчете УКИЗ ингредиентов.

Кроме величины УКИЗ при определении класса качества воды учитывается величина комплексного показателя загрязнения (КПЗ) воды. При расчете КПЗ учитываются ингредиенты, наиболее заметно ухудшающие качество воды, угрожающие переходом воды в категорию очень и чрезвычайно грязной.

Среди загрязнителей (КПЗ) наиболее значимы соединения меди, нитриты и сульфаты. Качеству воды ряда водных объектов существенную угрозу представляют также нефтепродукты, ПАВ, фенолы, соединения железа и тяжелых металлов [11]. Комплексная оценка качества воды выполняется для каждого пункта, в котором ведутся режимные наблюдения за состоянием загрязненности.

7.2.3 Анализ депонирующих сред

Экологическая оценка состояния почв проводится в зависимости от их использования [13]. Для почв сельскохозяйственного назначения и рекреационных зон важным является содержание гумуса в почве. Основными причинами потерь гумуса являются:

- преобладание минерализации гумуса над его новообразованием за счет поступления растительных остатков;
- глубокая вспашка с вовлечением в пахотный слой менее гумусированных нижних горизонтов почвы;
- сжигание стерни и отчуждение соломы и других пожнивных остатков;
- недостаточное внесение органических удобрений;
- незначительный удельный вес многолетних трав в структуре посевных площадей;
- принудительное орошение земель;
- эрозия почв.

По потерям запасов гумуса можно выделить 4 класса (до 10, 11-20, 21-30 и более 30 т/га). Дегумификация почв прямо пропорциональна снижению содержания гумуса в верхнем слое (в %), и обратно пропорциональна запасам гумуса (в т/га). В современных условиях дефицита органических удобрений, малых площадей посева многолетних трав (обогатителей почв гумусом), больших площадей эродированных почв процессы дегумификации усиливаются. В городах к дегумификации почв приводит систематическое скашивание газонов и утилизация листового опада и скошенного травостоя. Кроме того, отрицательное воздействие на накопление гумуса оказывает использование антигололедных реагентов на дорогах. Однако в последнее время, например в Москве, опад убирают (и затем сжигают) только в пятиметровых зонах, прилегающих к автомобильным дорогам.

Оценка экологической безопасности почв проводится по содержанию тяжелых металлов [13]. Для этого чаще всего используется атомно-абсорбционный анализ. Определяемые элементы - потенциальные токсиканты. К ним относятся Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, V, их содержание сравнивается с ПДК. Наиболее широко распространенным контаминантом на городских территориях является свинец. Зоны его содержания, превышающие ПДК, в основном расположены вдоль автомобильных дорог. Гораздо менее распространенными загрязнителями являются медь и цинк.

Поскольку зоны загрязнения чаще всего имеют сложную конфигурацию, комплексная экологогеохимическая оценка районов проводится по следующим показателям: число элементов-загрязнителей, уровень превышения ПДК и площадь загрязнения [14]. По сумме этих показателей обстановка может оцениваться как удовлетворительная, в случае загрязнения почвенного покрова одним элементом, причем площадь загрязнения не превышает 25%, а уровень - 2 ПДК. При увеличении площади до 50% и наличии 1-2-х контаминантов ситуация определяется как напряженная. Наконец, загрязнение более чем на 50% площади и превышение ПДК по 2 - 3-м элементам дает основание для выявления критической обстановки.

Комплексная оценка депонирующих сред может проводиться по степени деградации земель. В результате интенсивного антропогенного воздействия все урбанизмы могут быть затронуты такими деградационными процессами, как водная и ветровая эрозия, переувлажнение или пересушивание, засоление, механическая нарушенность и рядом других факторов.

По степени деградации выделяют 5 классов (табл. 7.6). Наиболее распространенным и агрессивным фактором деградации земель является водная и ветровая эрозия почв. В наибольшей степени эрозии подвержены земли многолетних насаждений, при этом степень деградации земель во многом определяется характером рельефа и, в частности, степенью его расчлененности.

В заключение можно сказать, что структура сферы техногенного воздействия (количество, выраженность, геометрия зон) зависит от совместимости техногенных и природных потоков вещества, от величины и токсичности техногенных потоков, продолжительности воздействия и устойчивости ландшафтов к данному типу техногенеза [4]. В пределах сферы воздействия выделяют зоны действия подвижного компонента. Это зоны геохимического, биотического и геоматического воздействия.

Таблица 7.6

Степень деградации земель

№ класса земель	Обстановка по степени деградации земель	Доля деградированных земель, % от площади района
1	Удовлетворительная	20-35
2	Напряженная	36 -50
3	Критическая	51 -65
4	Кризисная	66 -80
5	Катастрофическая	более 80

Зона геохимического действия может составлять для разных типов предприятий до нескольких тысяч квадратных километров. Анализируются превышения фоновых концентраций в компонентах и элементах ландшафта (воздухе, воде, снеге, почве и т.д.) В настоящее время установлен геохимический спектр загрязнения большинства крупных городов России и разработаны геохимические показатели загрязнения городской среды, в частности суммарный показатель загрязнения городской среды, который приравнен к санитарно-гигиеническим нормативам [6].

Зона биотического воздействия отражает изменения в биоте, вызванные геохимическим воздействием. Это, прежде всего, уменьшение видового разнообразия в ярусах растительности, почвенной фауне и т.д.

Зона геоматического воздействия является зоной длительного интенсивного техногенного воздействия и отличающаяся структурной перестройкой ландшафта. Геохимическое воздействие и полное отсутствие биоты вызывают изменение их литогенной структуры.

7.2.4 Оценка городского рекреационного потенциала

Для осуществления комплексной оценки рекреационного потенциала урбанизированной территории на первом этапе проводится физико-географическое районирование, которое выполняется на основе ландшафтного картирования. На карте указываются физико-географические (природно-территориальные) комплексы, которые отличаются взаимодействием природных компонентов. Анализ комплексов служит предпосылкой для разработки мероприятий по преодолению или нейтрализации неблагоприятных условий природной среды, инвентаризации ресурсов, прогноза негативных последствий антропогенных воздействий и их оптимизации.

Далее оцениваются средние климатические характеристики территории, такие как средние температуры воздуха в зимний и летний периоды в градусах Цельсия; оценивается теплообеспеченность, для чего рассчитывается сумма активных годовых температур в градусах Цельсия; определяется годовая сумма осадков в мм и рассчитывается коэффициент увлажнения.

На следующем этапе производится расчет доли ООПТ в пределах административного района, что позволяет в общем виде оценить ситуацию с точки зрения охраны природы, с последующей (при необходимости) экстраполяцией этих данных на проблемы рекреационного потенциала и антропогенной трансформации. Суммарная доля площадей ООПТ исчисляется с учетом водоемов различного назначения, лесов и лесопосадок, от общей площади административного района [15].

В качестве интегральной характеристики ландшафтов используется величина их экологического потенциала (ЭП). Он представляет собой произведение 0,01 суммы активных температур (Т) на годовой коэффициент увлажнения (К). Экологический потенциал ландшафтов (показатель биологической эффективности климата) включает важнейшие климатические параметры - температуру воздуха, относительную влажность, атмосферные осадки, теплообеспеченность- и хорошо согласуется с биологической продуктивностью, которую можно рассматривать как индикатор местного ресурсного потенциала. Величину биологической продуктивности можно использовать для оценки экологической устойчивости территории. Индекс устойчивости экосистем определялся соотношением использованной растениями лучистой энергии к общей массе поглощенной на этой территории энергии. Энергетическое выражение индекса устойчивости экосистем (ИУЭ) рассчитывается по формуле [7]:

$$ИУЭ = ПБ \times УП : Rn$$

где ПБ - энергетическое выражение биомассы; УП - энергетическое выражение биопродуктивности; Rn - энергия поглощенной радиации. В зависимости от средневзвешенного значения индекса устойчивости наземных экосистем территории делятся на пять классов (табл. 7.7).

Таблица 7.7

Классификация экосистем по степени устойчивости

Класс устойчивости экосистем	Индекс устойчивости экосистем
Неустойчивые	до 0,10
Слабоустойчивые	0,11 - 0,20
Умеренно устойчивые	0,21 - 0,30
Среднеустойчивые	0,31 - 0,40
Высокоустойчивые	более 0,40

Таким образом, интегральная оценка территории по природным факторам включает два показателя: экологический потенциал природных ландшафтов и устойчивость экосистем. Каждый из них

оценивается по пятибалльной шкале. При этом по экологическому потенциалу ландшафтов обстановка может подразделяться на наиболее благоприятную (1 балл), благоприятную (2 балла), относительно благоприятную (3 балла), малоблагоприятную (4 балла) и неблагоприятную (5 баллов), а по устойчивости экосистем - на высоко устойчивую (1), среднеустойчивую (2), умеренно устойчивую (3), слабоустойчивую (4), неустойчивую (5).

Экологическая оценка природных факторов представляет среднее арифметическое указанных показателей, и ее градация проводится на основе шкалы экологического потенциала ландшафтов.

7.2.5 Оценка экологической безопасности внутренней среды помещений

Большую часть своей жизни человек проводит в замкнутом пространстве - офисе, квартире, автомобиле, на даче. Здесь мы создаем удобный для себя мир, в котором чувствуем себя защищенными. Какая экологическая обстановка окружает нас там и насколько она безопасна для нашего здоровья? Определение уровня экологической безопасности жилья и производственных помещений также является одной из задач экологической диагностики.

В соответствии с Федеральным Законом от 27.12.02. №184-ФЗ "О техническом регулировании" в России разработан и внедрен стандарт предприятия СТП 02-02-04, в котором определены уровни экологической безопасности (ЭБ) жилых и производственных помещений по отношению к оптимальным значениям, определенным на основе действующих требований государственных стандартов, санитарных и строительных правил и норм [21, 22]. Уровни безопасности представлены в табл. 7.8.

Оценка экологической безопасности помещений включает в себя:

- предварительное обследование;
- проведение инструментальных измерений оцениваемых факторов;
- обработку и анализ полученных данных;
- оформление протоколов проводимых измерений;
- при необходимости предоставление рекомендаций по улучшению экологической обстановки в помещении.

Таблица 7.8

Уровни экологической безопасности жилых и производственных помещений

Уровень ЭБ жилых и производственных помещений	Высокий уровень ЭБ (100 % соответствие оптимальным значениям всех оцениваемых факторов)
	Нормальный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений не более чем 2-х факторов на 20 %)
	Удовлетворительный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений от 2-х до 4-х факторов на 30 %)
	Недостаточный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений от 2-х до 5-ти факторов на 60 %)
	Неблагоприятный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений более

К оцениваемым экологическим факторам относятся основные параметры: освещенность, шум, вибрация, ультра- и инфразвук, электростатические поля, параметры микроклимата, уровень радиационного фона. К дополнительным экологическим параметрам безопасности помещения относятся: состав воздуха жилых и производственных помещений (по основным веществам: углерода окись, азота двуокись, сероводород, аммиак, фенол, бензол, формальдегид и др.), напряженность электрических и магнитных полей.

7.3 Алгоритм анализа воздействия городских производств, работающих в штатном режиме

Анализ загрязнения объектов окружающей среды в результате выбросов стационарных источников при нормальном функционировании производств проводится по следующему алгоритму [10]:

1. Идентификация источников постоянных выбросов;

2. Характеристика источников выбросов (отбор предприятий и определение характеристических выбросов для последующей оценки). При наличии системы мониторинга можно воспользоваться данными прямых измерений. При отсутствии системы мониторинга или в случае, когда система не обеспечивает полноты данных, можно рассчитать выбросы на основе объемов предельно допустимых выбросов (ПДВ). При отсутствии мониторинга и данных по ПДВ можно воспользоваться для первичной оценки данными, полученными для аналогичных объектов, с применением балансовых методов расчета, при этом следует предварительно проверить, насколько корректно применение этих результатов к изучаемому объекту;

3. Выбор предполагаемой схемы миграции загрязнителей в принимающей среде: воздухе, воде, почве;

4. Использование соответствующих моделей и расчетных кодов, оценка рассеивания в принимающей среде:

а) если принимающей средой является воздух, рассчитать концентрации загрязняющих веществ при наихудших погодных условиях для процесса рассеивания в данном регионе, используя известные модели и расчетные коды, перейти к п. 5;

б) если принимающей средой является вода, необходимо рассчитать концентрации загрязняющих веществ в заданный момент времени и на заданном расстоянии от источника выброса, перейти к п. 6;

в) если принимающей средой является почва, необходимо оценить критическую нагрузку, перейти к п. 6;

5. Использование моделей рассеивания в атмосфере для оценки концентраций загрязняющих веществ, как функции расстояния и времени. Расчет среднегодовых концентраций канцерогенов и суммы взвешенных частиц, NO_x , $S0_2$, CO и др. в рецепторных точках:

а) для расстояний до 50-80 км от источника выброса рекомендуется использовать распределения Гаусса;

б) при сложных метеоусловиях и для тяжелых газов рекомендуется модифицировать модель Гаусса;

6. Расчет общего количества людей, подверженных воздействию постоянных концентраций вредных веществ в импактной зоне с учетом плотности;

7. Оценка общего количества людей, подвергающихся определенному эффекту (смертность, заболеваемость), с использованием зависимости «доза-эффект» в оценке риска для населения (т.е. оценка индивидуального и популяционного риска);

8. Оценка воздействия на окружающую среду с использованием временной типовой методики определения ущерба от загрязнения окружающей среды либо результатов экспертных оценок.

7.4 Санитарно-гигиеническое и экологическое нормирование техногенного воздействия

Техногенное загрязнение окружающей среды, принимающее с каждым днем все более угрожающие масштабы, привело к осознанию необходимости регламентации нагрузок на экосистемы вплоть до запрещения отдельных видов деятельности.

Существующая система регламентации базируется на санитарно - гигиенических нормативах. В целях защиты экосистем, она практически неэффективна. Во-первых, существуют многочисленные примеры, когда безопасные для человека уровни загрязнения губительны для биоты. Во-вторых, многокомпонентность выбросов производств делает неэффективным контроль над соблюдением регламентов по каждому отдельному ингредиенту.

Формы нахождения токсикантов в природе отличаются от форм, для которых были установлены нормативы. Не учитываются эффекты аккумуляции и транслокации в экосистемах, отсутствует дифференциация по природно-климатическим зонам и т.д. В результате происходит наращивание экологически опасных производств и прогрессирует техногенная деградация природных комплексов. Все это определяет необходимость разработки иных подходов к регламентации техногенных нагрузок на экосистемы.

Возникновение «экологического нормирования» на фоне развитого санитарно гигиенического - это во многом отражение смены масштабов восприятия мира, вызванной привлечением внимания к глобальным экологическим проблемам. В санитарно-гигиеническом нормировании основной объект - организм человека, основная цель - поддержание каждого индивида в состоянии обычной работоспособности. Но это слишком узкий взгляд, что признают и сами гигиенисты. Изолированное рассмотрение организма человека- необходимый этап познания, но лишь первое приближение к реальности. Здоровое общество может существовать только в здоровой среде (Воробейник Е.Л. и др., 1994).

В настоящее время для нормирования нагрузок на экосистемы требуется осмысление результатов практики и создание алгоритма оценки.

Проблемы нормирования нагрузок на экосистемы обсуждаются у нас в стране уже более двух десятилетий. Несмотря на значительное разнообразие подходов и первые успешные опыты определения экологических нормативов загрязнений, ни одна из концепций не позволяет ответить на все основные вопросы, возникающие в практике.

Обобщение имеющегося зарубежного и отечественного опыта реализации процедуры нормирования (Садыков О.Ф., 1991) позволяет выделить следующие необходимые для практики аспекты:

- каковы критерии допустимой нагрузки на экосистемы;
- какие параметры экосистем должны быть измерены для получения нормативов;
- как измерять интегральную токсическую нагрузку;
- каким образом получать значения предельных нагрузок;
- путь создания экологических технологий.

Актуальность работ в области экологического нормирования несомненна: она возрастает с пуском каждого нового предприятия, с каждым новым днем работы уже действующих.

Из анализа существующих у нас в стране и за рубежом систем нормативов, регламентирующих основные виды природопользования, можно выделить два существенно различных подхода (Садыков О. Ф., 1991). Первый сохраняет основные черты методологии гигиенического нормирования, а именно:

- предельные нагрузки устанавливаются для отдельных веществ (либо для смесей, но с известным соотношением компонентов);
- лабораторные эксперименты - основа для получения нормативов;
- используются параметры организменного, а не экосистемного уровня.

По сути, такой подход означает полное асимилирование системы гигиенического нормирования с той лишь разницей, что объектом выступает не человек, а другие биологические виды.

Альтернативный - антропоцентрический подход - использует гигиеническое нормирование лишь в качестве аналога решения сходной задачи. Данный подход предполагает выработку критериев, ориентированных на потребности человека, в первую очередь, на потребность в здоровой окружающей среде [10]. Критерии нормативной оценки локальных экосистем должны быть:

- полифункциональными, т.е. выработанными с учетом вещественно-энергетического баланса экосистем более высокого ранга, обеспечения экономических, социальных и эстетических потребностей общества;
- вариантными, т.е. различными для разных типов экосистем;
- зональными, т.е. зависимыми от физико-географических условий региона (свои в каждой географической зоне);
- дифференцированными во времени (менее жесткие - для существующих технологий, более жесткие - для проектируемых производств и новых технологий);
- натуральными, т.е. полученными на основе анализа зависимостей «доза - эффект» на уровне реальных экосистем

Нормировать необходимо *интегральную экологическую нагрузку*, которая должна быть выражена в относительных единицах (например, кратность превышения фонового уровня), а не в концентрации отдельных загрязнителей. Для нормирования необходимо выбирать основные, показатели, отражающие закономерности функционирования биоты. Предпочтение следует отдавать *интегральным показателям*.

Можно констатировать, что на настоящий момент подлинно экологические нормативы, пригодные для практического использования, отсутствуют. Нормативы, полученные в рамках гигиенического направления, носят характер предварительных рекомендаций. Результаты реализации второго пути нормирования также весьма скромны. Можно указать лишь единичные работы, в которых сделана попытка получить зависимости типа «доза - эффект» для экосистемных параметров (Алексеев В.А., 1990; Арманд А.Д. и др., 1991; Салиев А.В., 1988; Смит У.Х, 1985).

Основные различия концепций экологического нормирования касаются вопросов организации исследований, выбора параметров описания, способов свертывания информации и нахождения предельных нагрузок. Выбор второго подхода позволяет предложить алгоритм (во многом компилятивный) для оценки воздействия на конкретную экосистему.

По мере роста темпов технического прогресса неизмеримо возросли масштабы последствий человеческой деятельности. Теперь необходимо оценивать риск, а также доказывать, что результаты развития не увеличат опасность вообще и не повлекут отдаленных глобальных последствий.

7.4.1 Оценка воздействующих доз

Оценка воздействия (экспозиции), химических соединений представляет собой один из важнейших и, как правило, наиболее точных из всех этапов исследования.

Оценка экспозиции - достаточно сложное измерение или определение частоты, продолжительности и путей воздействия химических соединений, находящихся в окружающей среде, сопряженное с описанием также природы воздействия, размера и характера экспонируемых популяций. Наиболее важными шагами при оценке экспозиции являются: определение маршрутов воздействия; идентификация той среды, которая переносит загрязняющее вещество; определение концентраций загрязняющего вещества; определение времени, частоты и продолжительности воздействия; идентификация популяции, подвергающейся воздействию.

Оценка воздействия базируется на прямых и непрямых (косвенных) методах исследования, включающих непосредственное измерение образцов проб в разных средах, персональный мониторинг загрязнителей в зоне дыхания, использование биологических маркеров, опросников, суточных дневников и данных математического моделирования.

В целом оценка воздействия включает *три основных этапа*:

- характеристика окружающей обстановки;
- идентификация маршрутов воздействия и потенциальных путей распространения;
- количественная характеристика экспозиции (оценка воздействующих концентраций и расчет поступления).

При исследовании экспозиции (воздействия) стрессора на объекты экосистемы в терминах интенсивности, пространства и времени полная картина вырисовывается в результате оценки источников и выбросов, распространения стрессора в окружающей среде и типа взаимодействия.

Данные для анализа могут быть получены в результате как лабораторных, так и полевых исследований. Во время полевых исследований измерения производятся в неконтролируемых ситуациях, поэтому варьирование результатов может быть значительным и это влечет за собой трудности при обнаружении различий. При обработке результатов желательно использование статистических методов (корреляционный, кластерный, факторный анализ) для описания связей между нарушениями, вызываемыми стрессорами, и экологическими последствиями. Полевые исследования наиболее важны для оценки влияния множественных стрессоров, а также при обследовании территорий, на которых проявляются специфические факторы.

Воздействующие концентрации оцениваются с использованием данных мониторинга и/или путем моделирования распространения и поведения химических веществ в окружающей среде. Моделирование поведения и распространения вредных веществ в среде - это процесс количественного определения концентраций химических соединений в среде путем эмпирических или теоретических вычислений [16]. Моделирование целесообразно и может быть использовано как для прогнозирования возможных концентраций веществ в исследуемом объекте окружающей среды в будущем, так и для расчетного определения концентраций в текущий момент времени. Моделирование чаще всего используют в двух случаях: при прогнозировании распространения веществ от различных источников и в том случае, если отсутствуют эффективные и приемлемые методы измерения концентраций токсичных веществ, воздействию которых подвергается население и объекты окружающей среды [9].

В рамках западных подходов к оценке качества окружающей среды исследуется распределение в течение года *максимальных часовых концентраций* в местах конкретного проживания населения или других важных природных объектов вблизи источника выбросов загрязняющих веществ (ЗВ). Этот подход позволяет количественно ответить на вопросы: с какой вероятностью может быть превышен предельный уровень концентраций в заданной точке, и какова будет средняя концентрация в течение года.

7.4.2 Оценка зависимости "Доза - эффект"

Установить зависимость «доза - эффект» - это значит установить количественную связь между концентрациями, экспозицией или дозой выбранных веществ и вызываемыми ими вредными эффектами у реципиентов.

При оценке реальной опасности вредных эффектов для человека вследствие хронического воздействия химических веществ опираются, в основном, на два типа эффектов: пороговый и беспороговый.

На этом этапе усилия исследователей направляются на:

- сбор информации о фактических и расчетных предельно допустимых концентрациях (ПДК) загрязнителей в природных средах, о предельно допустимых нагрузках (ПДН) и предельно допустимых уровнях вредных воздействиях (ПДУ) для отдельных объектов экосистем;
- сбор отечественных и зарубежных данных, характеризующих уровни неканцерогенного воздействия на здоровье человека;
- сбор ингаляционных и пероральных факторов канцерогенного потенциала для выбранных индикаторных веществ;
- систематизацию и обработку имеющейся информации о характере профессиональных заболеваний людей, связанных с производством исследуемого загрязнителя;
- анализ и выбор моделей, прогнозирующих увеличение заболеваемости и сокращение продолжительности жизни от уровня загрязненности отдельными опасными веществами и при их суммарном воздействии;
- изучение существующих методов оценки изменения качества и нарушения гомеостаза (равновесия) в природе при действии токсикантов;
- выбор критериев, характеризующих способность объектов окружающей природной среды к самоочищению и самовосстановлению.

Для характеристики экологических последствий воздействия стрессора описывают вызываемые им эффекты. Ключевую роль при этом играет анализ зависимости «стрессор — ответ». В простых случаях принимается одна переменная ответной реакции, например смертность. Зависимость «стрессор - ответ» не обязательно линейна. Она может иметь порог, быть сигмоидальной или параболической (Смит У.Х, 1985). Важно также выявить причинно-следственную связь между стрессором и эффектом. Доказательством ее наличия может служить усиление эффекта с уменьшением расстояния от источника выбросов.

Конечный продукт (описание, протокол) анализа должен давать ответы на следующие вопросы [10]:

- какие экологические единицы подвергаются воздействию?
 - какова природа эффектов?
 - какова интенсивность эффектов?
 - сколько времени необходимо для восстановления?
 - какие причинные связи объединяют стрессор с любым из наблюдаемых эффектов?
 - как изменение критериев эффектов отражается на изменениях конечных точек оценки?

Вопросы для самопроверки и обсуждений по темам

Тема 7

1. По каким видам природопользования можно классифицировать объекты городских экосистем?
2. Какие типы процессов обмена веществом и энергией можно выделить для природно-техногенных экосистем?

3. Каким параметрами оценивается экологическая опасность объектов экологической диагностики?
4. Какими признаками обладают селитебно-производственные ландшафтные системы?
5. Какие типы ландшафтов можно выделить в городской экосистеме?
6. В чем заключается функциональное зонирование городской территории?
7. По каким критериям проводится интегральная оценка экологической напряженности территории?
8. Сколько звеньев в городской экологической цепи?
9. Какие характеристики необходимо учитывать при классификации отраслей промышленности?
10. Что такое «интегральный показатель интенсивности техногенного воздействия»?
11. Какие расчетные методы применяют для оценки экологической опасности промышленных объектов или территорий?
12. Что такое «материальный баланс», и по каким показателям он рассчитывается?
13. Какие параметры необходимо оценивать при анализе водооборота городской территории?
14. Перечислите основные загрязняющие вещества промышленных сточных вод (ПСВ).
15. Сколько степеней загрязненности существует для оценки качества воды?
16. Что показывает «удельный комбинаторный индекс загрязненности» (УКИЗ) воды и от каких параметров он зависит?
17. Какие среды считаются депонирующими?
18. По каким параметрам проводится оценка экологической безопасности почв?
19. Какие классы приняты для определения деградации урбанизированных земель?
20. Перечислите основные факторы потери гумуса урбанизированных земель.
21. Что такое «зона геохимического действия предприятия»?
22. Какие этапы включает комплексная оценка рекреационного потенциала урбанизированной территории?
23. Как рассчитывается экологический потенциал ландшафтов?
24. Какой биологический параметр является индикатором местного ресурсного потенциала?
25. Какие этапы включает оценка экологической безопасности помещений?
26. Какие параметры относятся к экологическим факторам при оценке внутренних помещений?
27. В чем заключается актуальность экологического нормирования?

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Н.Куница Ландшафтно-селитебное районирование для целей экологического мониторинга.// Ж. «Экология». №7, 2005.
2. Л.А. Калюжная Факторы формирования ландшафта современного города.// Ж. «Экология», №7, 2005
3. Дмитриев В.В. Интегральная оценка экологического состояния и качества природной и антропогенно-трансформированной среды. // Ж. «Успехи современного естествознания», №8, 2007
4. Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза, -М: Аспект-Пресс, 2005
5. Ретеюм А.Ю., Мухина Л.И., Долгушин И.Ю. Природа, техника, геотехнические системы.-М: Наука, 1978, 151 с.
6. Касимов Н.С. Экогеохимия городских ландшафтов.1995
7. Донской экологический центр. 2004 г.// www.ektor.ru/pages/mon.1
8. А.П. Парахонский, Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека, // Ж. «Успехи современного естествознания» № 2, стр 21-28, 2007
9. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ В.В.Клюев, А.В.Ковалев, А.Г.Щербаков и др./Под общ.ред. В.В.Клюева. -М.:Машиностроение,2000.-496с.,ил.

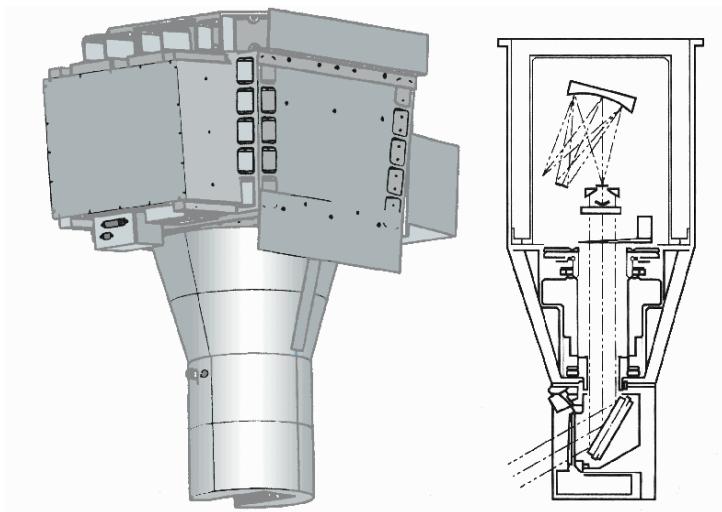
10. Меньшиков В.В., Швыряев И.А. Проблемы анализа риска для населения и окружающей среды при загрязнении атмосферного воздуха- М.: Изд-во МГУ,2004.- 202 с.-ISBN 5-211-05996-X
11. Унифицированные методы анализа вод / Под.общ.ред. Ю.Ю.Лурье. -М.: Химия, 1971
12. Е.Л.Перегуд, Е.В. Гернет Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Изд.3-е, испр.Л., «Химия», 1973
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:Изд-во МГУ, 1970.
14. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, 323 с.
15. Кузьмин Н.М. - Журн.аналит.химии, 1999, т.54, №9, СС.902-908.
16. Бегунов А.А., Конопелько Л.А. Физико-химические измерения состава и свойств материалов и веществ/Учебное пособие. М.:Изд-во стандартов, 1984. - 144с.
17. Постановление Правительства г. Москвы «О перспективном функциональном зонировании территории г. Москвы» № 737 от 14 октября 1997 г
18. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. ГОСТ 17.1.3.13-86
19. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630-88. Госкомсанэпиднадзор России, 1988 г.
20. Хиль Касанова Марко Эколого-химические аспекты анаэробной очистки бытовых сточных вод и обработки их осадков. Автореферат. –М.: РУДН, 2004
21. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 26.05.88 №4617-88 – основной список
22. Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 07.12.90 №5203-90 – основной список

Измеритель аэрозоля и малых газовых компонент атмосферы СЕЙДЖ-3

Прибор СЕЙДЖ-3 является пятым по счету в серии созданных Исследовательским центром НАСА ЛЭНГЛИ приборов для мониторинга аэрозолей и газовых составляющих атмосферы. Как и ранее в основу функционирования аппаратуры положен метод измерений спектральной прозрачности атмосферы путем наблюдения внеземных источников света при их восходе или заходе (относительно КА) через горизонт Земли. В дополнение к наблюдениям Солнца СЕЙДЖ-3 может регистрировать отраженный Луной солнечный свет в период между первой и третьей четвертями лунного месяца. Это дает возможность проводить измерения содержаний "ночных" компонент, таких как триокись азота и двуокись хлора. Лунные измерения существенно расширяют охват географических зон обследования Земли и увеличивают число наблюдений. Во время восхода или захода производится вертикальное сканирование диска Солнца или Луны с измерением спектральных яркостей на специально выбранных длинах волн в области 290-1550 нм.

Аппаратура СЕЙДЖ-3 в течение большей части витка находится в дежурном режиме. При подходе к рабочим участкам орбиты производится установка оптической системы в соответствующее начальное азимутальное положение для обеспечения захвата Солнца или Луны. С момента фиксации светящегося объекта осуществляется захват центроида источника, затем слежение по азимуту и сканирование по углу места со скоростью 15 угловых минут в секунду. Сканирование продолжается до тех пор, пока касательный луч не достигнет прицельной высоты 300 км. В интервале высот 150-300 км наблюдения ведутся выше атмосферы и соответствующий сигнал используется в качестве параметра нормировки показаний на более низких прицельных высотах. Это позволяет получить величины прозрачности атмосферы, не искаженные возможными изменяющимися значениями чувствительности.

СЕЙДЖ-3 состоит из оптической головки, электронного блока и блока накопления данных, объединенных в моноблок, который установлен на приборной раме КА и функционирует в условиях космоса.



Научные задачи, решаемые с помощью СЕЙДЖ-3, охватывают:

- получение вертикальных профилей содержания аэрозоля, озона, паров воды, двуокиси и триокси азота, плотности воздуха и двуокиси хлора в мезосфере, стратосфере и верхней тропосфере;
- исследование распределения в пространстве и времени содержания малых газовых примесей с целью определения их роли в климатических процессах, биогеохимическом и гидрологическом циклах, в атмосферной химии;
- определение характеристик тропосферных и стратосферных аэрозолей и облаков, изучение их влияния на окружающую среду;
- пополнение долговременных рядов наблюдений приборами аналогичного назначения (СЕМ-2, СЕЙДЖ 1 и 2).

Измерительные возможности СЕЙДЖ-3 приведены в таблице.

Измерительные возможности СЕЙДЖ-3

Длина волны, нм	Определяемый компонент	Зондирование по Солнцу		Зондирование по Луне	
		Высотный диапазон, км	Погрешность, %	Высотный диапазон, км	Погрешность, %
290	O ₃	50-85	10	-	-
385	Аэрозоль	15-35	10	-	-
380-420	OCIO	-	-	15-25	25
430-450	NO ₂	15-45	10	20-50	10
525	Аэрозоль	6-35	10	-	-
600	O ₃	6-60	5	-	-

640-680	NO ₃	-	-	20-55	10
740-780	O ₂ , аэрозоль, плотность	6-70	2	6-40	2
920-960	H ₂ O, аэрозоль	3-50	10	6-25	15
1020	Аэрозоль	0-35	5	-	-
1550	Аэрозоль	0-35	5	-	-

Нижняя граница высотного диапазона указана для безоблачной атмосферы. При наличии облачности нижняя точка вертикального профиля восстанавливаемой компоненты лежит выше верхней границы облачного покрова. Параметры прибора позволяют получать вертикальную структуру профилей с разрешением 1 км. Исключение составляет двуокись хлора. Для этой ночной компоненты удается достичь разрешения лишь 3 км.

В составе аппаратуры СЕЙДЖ-3 имеется бортовое запоминающее устройство (БЗУ) емкостью 500 Мбит, что позволяет накапливать информацию в течение 14 часов в сутки. Информация сбрасывается дважды в день на приемные станции, расположенные на острове Уоллопс (США) и в г. Москве. На обе станции передаются одинаковые данные. БЗУ имеет два сегмента, которые попеременно выполняют функции записи и воспроизведения. Переход функций происходит непосредственно перед входом КА в зону радиовидимости американской станции. После воспроизведения на 2 и 7 суточных витках над о. Уоллопс та же информация повторно воспроизводится в Московской зоне (на 5 и 11 витках). Время сеанса связи около 12 мин.

Озон. Историческая справка

В 1785 г. голландский физик Ван Марум, проводя опыты с электричеством, обратил внимание на запах при образовании искр в электрической машине и на окислительные способности воздуха после пропускания через него электрических искр.

В 1840 г. немецкий ученый Шейнбейн занимаясь гидролизом воды пытался с помощью электрической дуги разложить её на кислород и водород. И тогда он обнаружил, что образовался новый, доселе не известный науке газ со специфическим запахом. Имя "озон" было присвоено газу Шейнбейном из-за характерного запаха и происходит от греческого слова "озиен", что значит "пахнуть".

22 сентября 1896 г. изобретатель Никола Тесла запатентовал первый генератор озона.

В 1857 г. с помощью созданной Вернером фон Сименсом "совершенной" трубы магнитной индукции" удалось построить первую техническую озоновую установку. В 1901 г. фирмой "Сименс" построена первая гидростанция с озонаторной установкой в Висбанде.

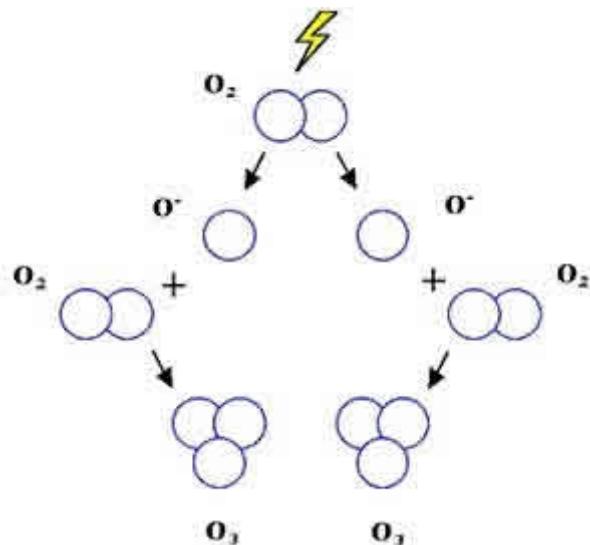
Исторически применение озона началось с установок по подготовке питьевой воды, когда в 1898 году в городе Сан Мор (Франция) прошли испытания первой опытно-промышленной установки. Уже в 1907 году был построен первый завод по озонированию воды в городе Бон Вуаяж (Франция) для нужд города Ниццы. В 1911 г. была пущена в эксплуатацию станция озонирования питьевой воды в Санкт-Петербурге (в настоящее время не действует). В 1916 г. действовало уже 49 установок по озонированию питьевой воды.

К 1977 г. во всем мире действует уже более 1000 установок. Широкое же распространение озон получил только в течение последних 30 лет, благодаря появлению надежных и компактных аппаратов для его синтеза - озонаторов (генераторов озона).

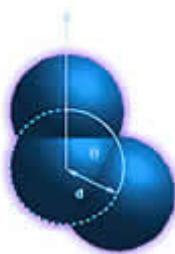
В настоящее время 95% питьевой воды в Европе проходит озонную подготовку. В США идет процесс перевода с хлорирования на озонирование. В России действуют несколько крупных станций (в Москве, Нижнем Новгороде и других городах).

Озон и его свойства. Механизм образования и молекулярная формула озона

Известно, что молекула кислорода состоит из 2-х атомов: O_2 . При определенных условиях молекула кислорода может диссоциировать, т.е. распадаться на 2 отдельных атома. В природе эти условия создаются во время грозы при разрядах атмосферного электричества и в верхних слоях атмосферы, под воздействием ультрафиолетового излучения солнца (озоновый слой Земли). Механизм образования и молекулярная формула озона. Однако атом кислорода не может существовать отдельно и стремится сгруппироваться вновь. В ходе такой перегруппировки образуются 3-х атомные молекулы.



Молекула, состоящая из 3-х атомов кислорода, называется озон или активированный кислород, представляет собой аллотропную модификацию кислорода и имеет молекулярную формулу O_3 ($d = 1.28 \text{ \AA}$, $\alpha = 116.5^\circ$).



Следует отметить, что связь третьего атома в молекуле озона относительно непрочна, что обуславливает нестабильность молекулы в целом и ее склонность к самораспаду.

Свойства озона

Озон O_3 - голубоватый газ с характерным резким запахом, молекулярная масса 48 г/моль, плотность относительно воздуха 1,657 (озон тяжелее воздуха); плотность при 0°C и давлении 0,1 МПа 2,143 кг/м³.



В малых концентрациях на уровне 0,01-0,02 мг/м³ (в пять раз ниже предельно допустимой для человека концентрации), озон придает воздуху характерный запах свежести и чистоты. Так, например, после грозы едва уловимый запах озона неизменно ассоциируется с чистым воздухом.

Как было сказано выше, молекула озона нестабильна и обладает свойством самораспада. Именно благодаря этому свойству озон является сильным окислителем и исключительным по эффективности дезинфицирующим средством.

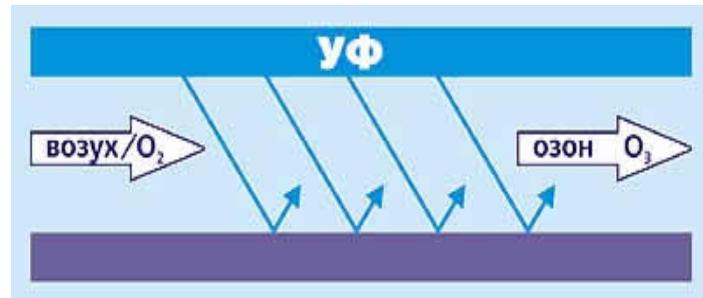
Способы получения озона

В настоящее время широкое распространение получили 2 способа выработки озона:

- * УФ-облучением
- * под воздействием тихого (т.е. рассеянного без образования искр) разряда коронного типа

1. УФ-облучение.

Озон может образовываться вблизи УФ ламп, однако только в маленьких концентрациях (0,1 вес.%).



2. Коронный разряд.

Тем же способом, которым озон образуется под действием электрических разрядов во время грозы, большое количество озона производится в современных электрических генераторах озона. Этот метод называется коронный разряд. Высокое напряжение пропускают через газовый поток, содержащий кислород. Энергия высокого напряжения разделяет молекулу кислорода O₂ на 2 атома O, которые соединяются с молекулой O₂ и образуют озон O₃.

Чистый кислород, поступающий в генератор озона, можно заменить окружающим воздухом, содержащим большой процент кислорода.

Данный метод повышает содержание озона до 10-15 вес.%

Потребление энергии: 20 - 30 Вт/г O₃ для воздуха 10 - 15 Вт/г O₃ для кислорода



Циклоны умеренных широт

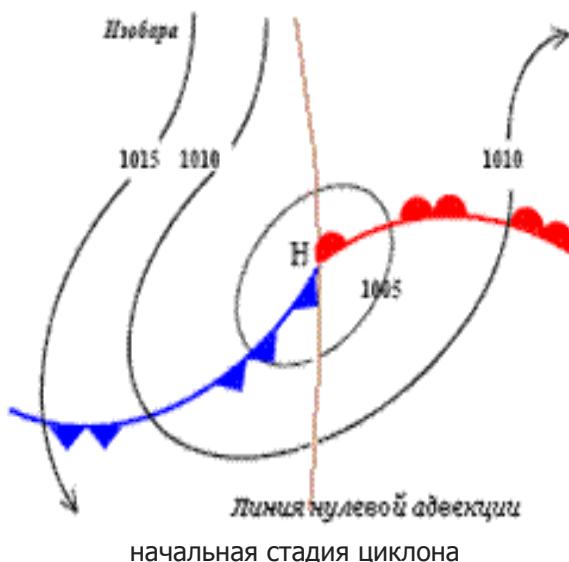
Атмосфера является чрезвычайно подвижной средой, где постоянно формируются и разрушаются вихри различных размеров. Наиболее крупные атмосферные вихри – внетропические циклоны и антициклоны, имеющие различные размеры и достигающие в диаметре нескольких тысяч километров.

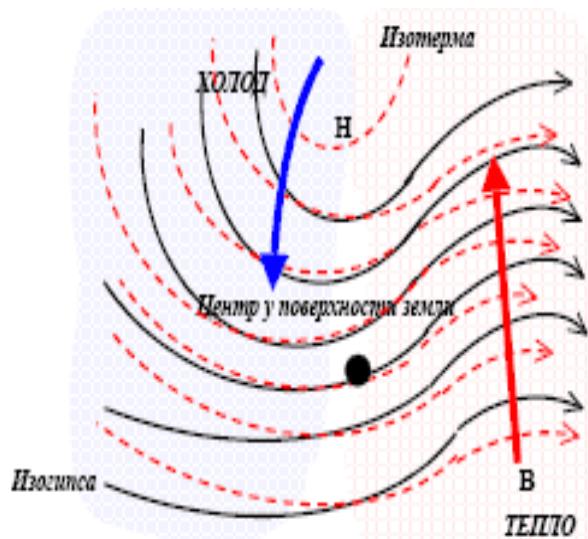
Циклон – область пониженного давления. Циклоны образуются на фронтах, разделяющих воздушные массы различного географического происхождения (например арктического воздуха и воздуха умеренных широт), возникают мощные завихрения воздуха, подобного тому, как при встрече двух потоков воды возникают водовороты. Эти завихрения имеют в поперечнике несколько сотен километров, а иногда 2000-3000 км. Ветры в циклоне дуют к центру от периферии, отклоняясь влево и направляясь по движению против часовой стрелки.

Обычно с прохождением циклона связывают ненастную погоду с осадками и сильными ветрами. Но циклон состоит из нескольких разнородных воздушных масс, различающихся по характеристикам погоды. В циклоне может быть и ненастная и солнечная погода – в зависимости от свойств воздушных масс в передней и тыловой его частях.

В жизни циклона и антициклона выделяют несколько стадий развития:

1. Начальная стадия (стадия волны),
2. Стадия молодого циклона,
3. Стадия максимального развития,
4. Стадия заполнения циклона.



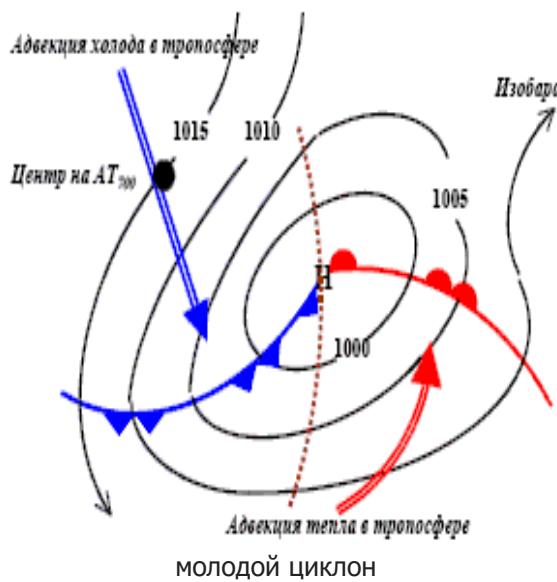


термобарическое поле зарождающегося циклона

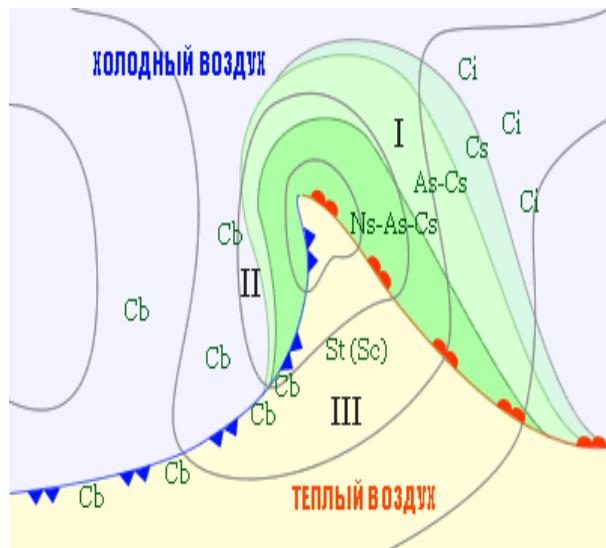
Для начальной стадии развития циклона, длившейся примерно сутки, характерен процесс от первых признаков возникновения – от деформации фронтальной поверхности (стадия волны), до появления первой замкнутой изобары на приземной карте погоды. Разность давления между центром и периферией составляет не более 5-10 гПа. На высотах вихри в начальной стадии не прослеживаются.

Возникновение волны на фронте сопровождается деформацией термобарического поля тропосферы. Тёплый воздух получает тенденцию движения в сторону холодного и впереди волны в результате восходящего скольжения тёплого воздуха формируются мощные слоистые облака Ns-As-Cs.

В молодом циклоне проходят два фронта: теплый в юго-восточной части и холодный в северо-западной. Оба фронта смыкаются в центре циклона, а между ними располагается область, занятая теплой воздушной массой (тёплым воздухом), – так называемый теплый сектор циклона. Остальная часть циклона заполнена холодной воздушной массой (холодным воздухом).



В этой стадии развития, продолжительность которой также обычно не более суток, циклоны имеют уже не менее 2-х замкнутых изобар. Термобарическое поле деформируется, циклон углубляется, превращается в мощный атмосферный вихрь со значительными скоростями ветра. Циклоническая циркуляция распространяется в верхние слои атмосферы.

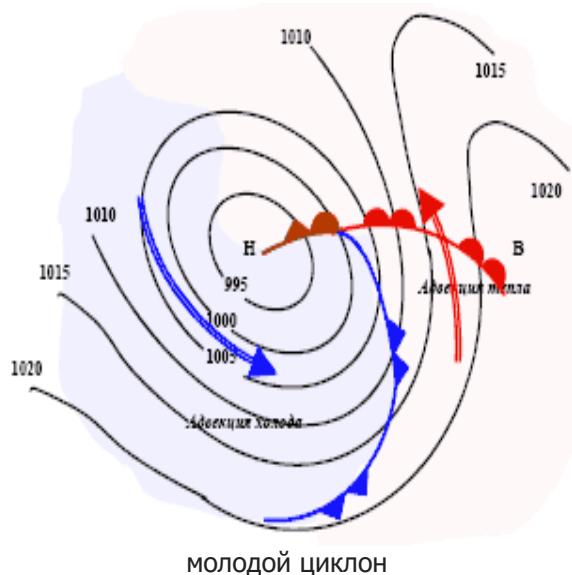


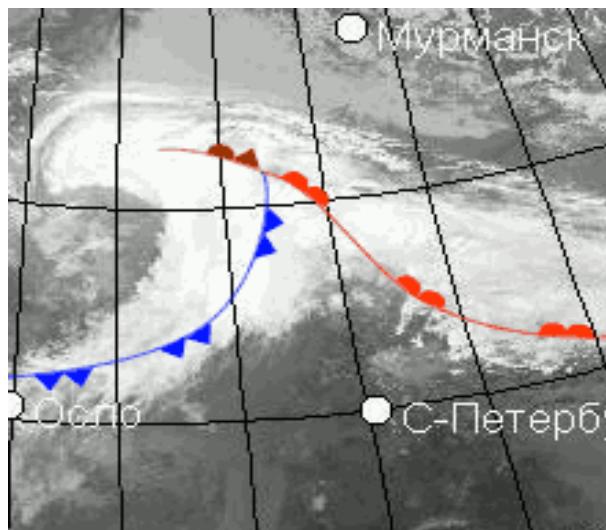
В молодом циклоне можно выделить три зоны резко отличающиеся по условиям погоды. Зона I – передняя и центральная части холодного сектора циклона перед тёплым фронтом. В этой зоне характер погоды определяется свойствами тёплого фронта. Чем ближе к центру циклона и к линии фронта, тем мощнее система облаков и тем вероятнее выпадение обложных осадков.

Зона II – тыловая часть холодного сектора циклона за холодным фронтом. Здесь погода определяется свойствами холодной воздушной массы. При достаточной влажности и значительной неустойчивости в этой зоне выпадают ливневые осадки.

Зона III – тёплый сектор между теплым и холодным фронтом. Зимой в теплом секторе молодого циклона отмечаются сплошные облака St, Sc, а иногда наблюдаются адвективные туманы и морось. Летом в теплом секторе циклона в зависимости от влажности воздушной массы может наблюдаться малооблачная погода, так и облачная погода, а иногда даже грозы. Днем отмечаются преимущественно кучевые облака.

Третья стадия характеризуется наименьшим давлением в центре циклона. Продолжительность стадии не более 12-24 ч. В последней стадии циклон заполняется. У поверхности Земли в центре циклона давление повышается. Горизонтальные градиенты давления и скорости ветра постепенно уменьшаются. Данная стадия наиболее продолжительна – 4 суток и более.





циклон: начало окклюдирования

В стадии развитого циклона (стадия максимального развития) облачная полоса на спутниковых снимках представляет собой обширный облачный вихрь с мощной облачной системой. Смыкание облачных спиралей холодного и тёплого фронтов приводит к образованию единой спирали фронта окклюзии. Процесс смыкания начинается в центре циклона и постепенно сдвигается к периферии циклона.

Вторая половина жизни циклона характеризуется уменьшением его поступательной скорости, значительным преобразованием термобарического поля тропосфера – циклон становится высоким, термически симметричным (холодным) барическим образованием. В случае окклюдированного циклона погода различается в зависимости от характеристик воздушных масс по обе стороны от фронта окклюзии. На фронте окклюзии имеет место сочетание облачных систем холодного и тёплого фронтов – образуется общая полоса осадков из слоистых облаков восходящего скольжения (As-Ns) и конвективных кучево-дождевых облаков (Cb), которые будут выпадать как перед линией фронта, так и позади него.

Глобальное изменение природных ландшафтов и соответствующих им биоценозов, как неизбежный результат численного роста человеческой популяции и ее техногенной активности.

Перечислим глобальные изменения на Земле, возникшие вследствие роста численности населения и роста его природо-преобразующей активности. Чисто условно, все то, что произошло с планетой Земля в результате ее освоения человеком, можно разбить на три составляющие:

1. Твердь земная

Изменение ландшафта, флоры и фауны, уничтожение лесов, высыхание рек, озер, деградация почв, увеличение площади пустынь, загрязнение солями тяжелых металлов. Здесь будет приведен только один из многих возможных примеров глобальных изменений, затрагивающий "Твердь земную". Пример касается интегрального изменения в оценке земель и имеющий специальный термин "опустынивание", который означает рост площади пустынь на Земном шаре, что включает изменение в климате и почвенных покровах. На рис.1 представлен процесс опустынивания в масштабах всего Земного шара. [Atlas of the Environment. Helicon, 1992; World Environment Atlas. Bartholomew, 1991]

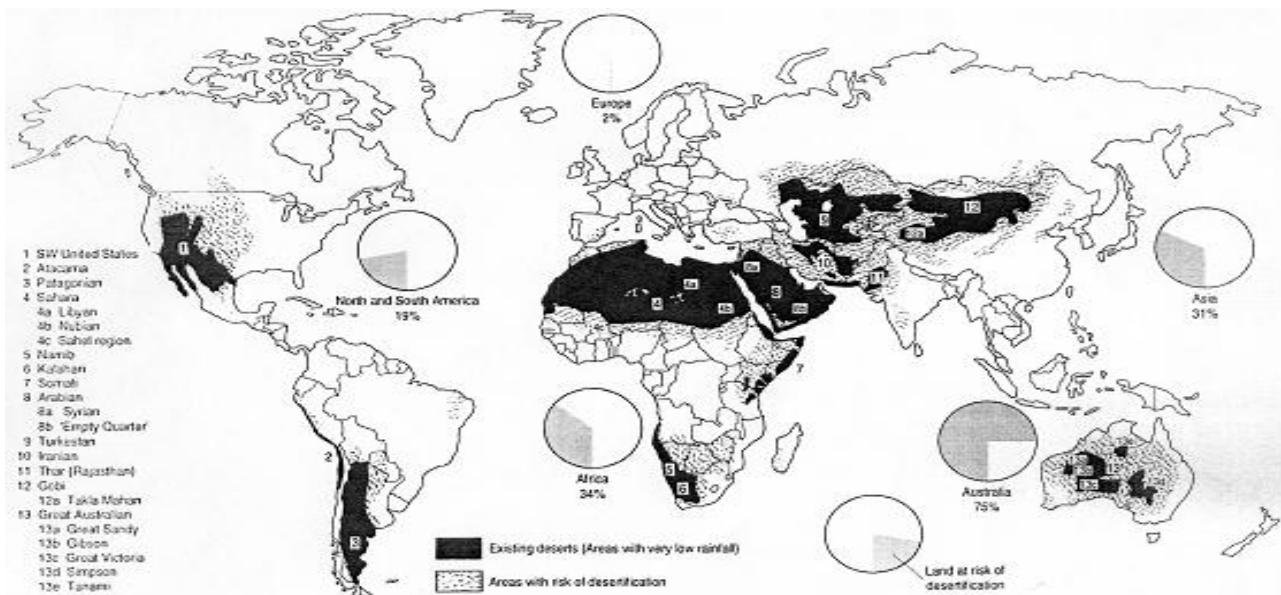


Рис. 1Р. Иллюстрация процесса расширения площади, занятой пустынями. Существующие пустыни (земли с очень низким уровнем выпадения осадков) - покрыто черным цветом. Области с риском превратиться в пустыню - покрыто серым цветом.

2. Мировой океан и реки

Загрязнение природных вод солями тяжелых металлов, детергентами, токсическими органическими веществами, фекалиями и болезнетворными организмами. На рис. 2Р показано загрязнение Мирового Океана [Environment Atlas, George Philip, 1992; Atlas of the Environment. Helicon, 1992; World Environment Atlas. Bartholomew, 1991] Из рисунка видно, что эффект загрязнения четко связан по местоположению с местами наиболее активной производственной деятельности человека.

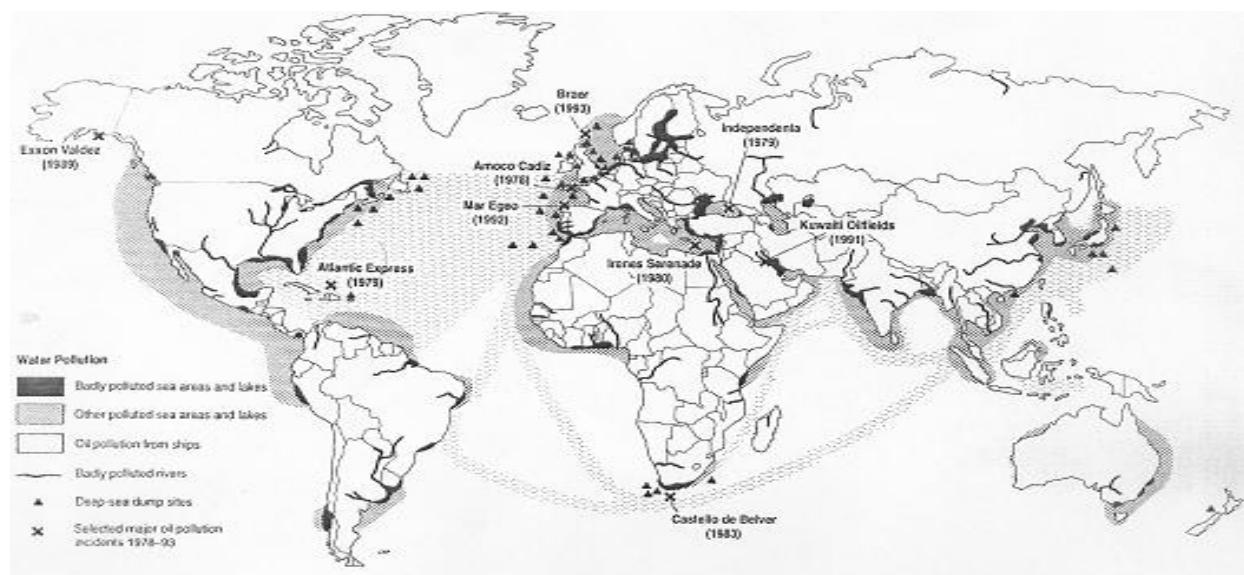


Рис. 2Р. Загрязнение вод земного шара.

3. Воздушный океан

Изменение состава атмосферы, накопление CO₂, кислотные дожди. В городах пыль, смог, загрязнение CO, окислами азота. Тепловое загрязнение атмосферы. Изменение физических параметров атмосферы: амплитуды температур и влажности, разрушение озонового слоя, климатические изменения. В качестве примера изменений в атмосфере Земли были выбраны кислотные дожди. Кислотные дожди, убивающие прежде всего растительность, стали повседневным явлением в промышленных районах и прилежащих к ним окрестностях. На рис. 3Р [The State of the Environment Atlas, Penguin Books, 1995]

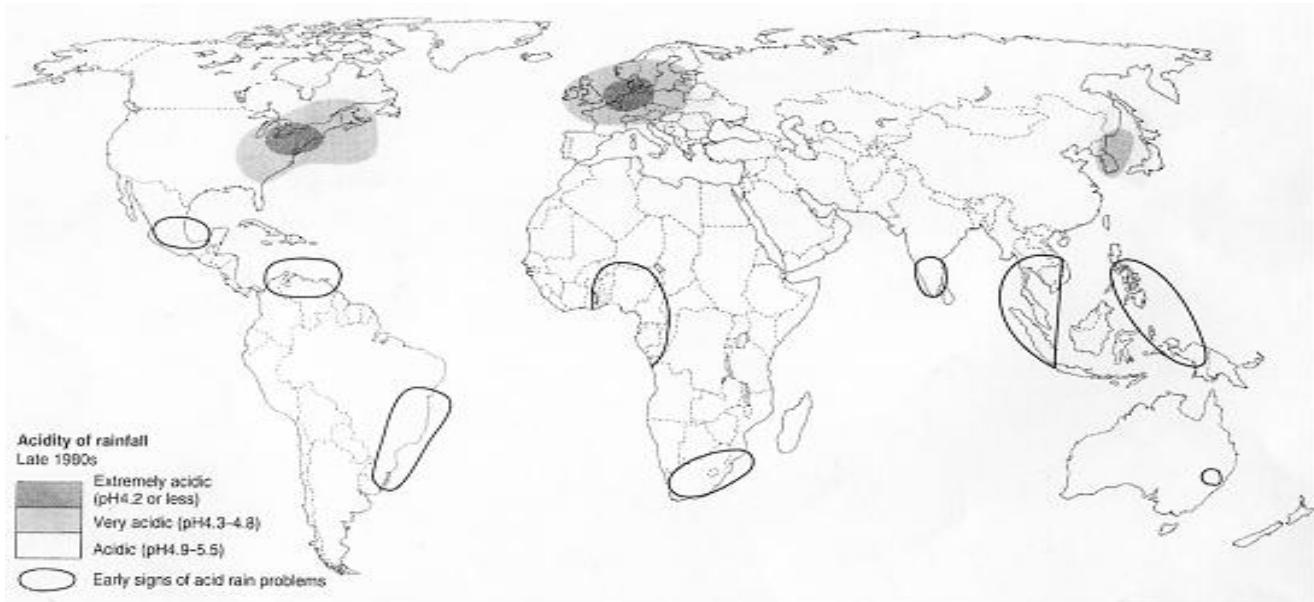
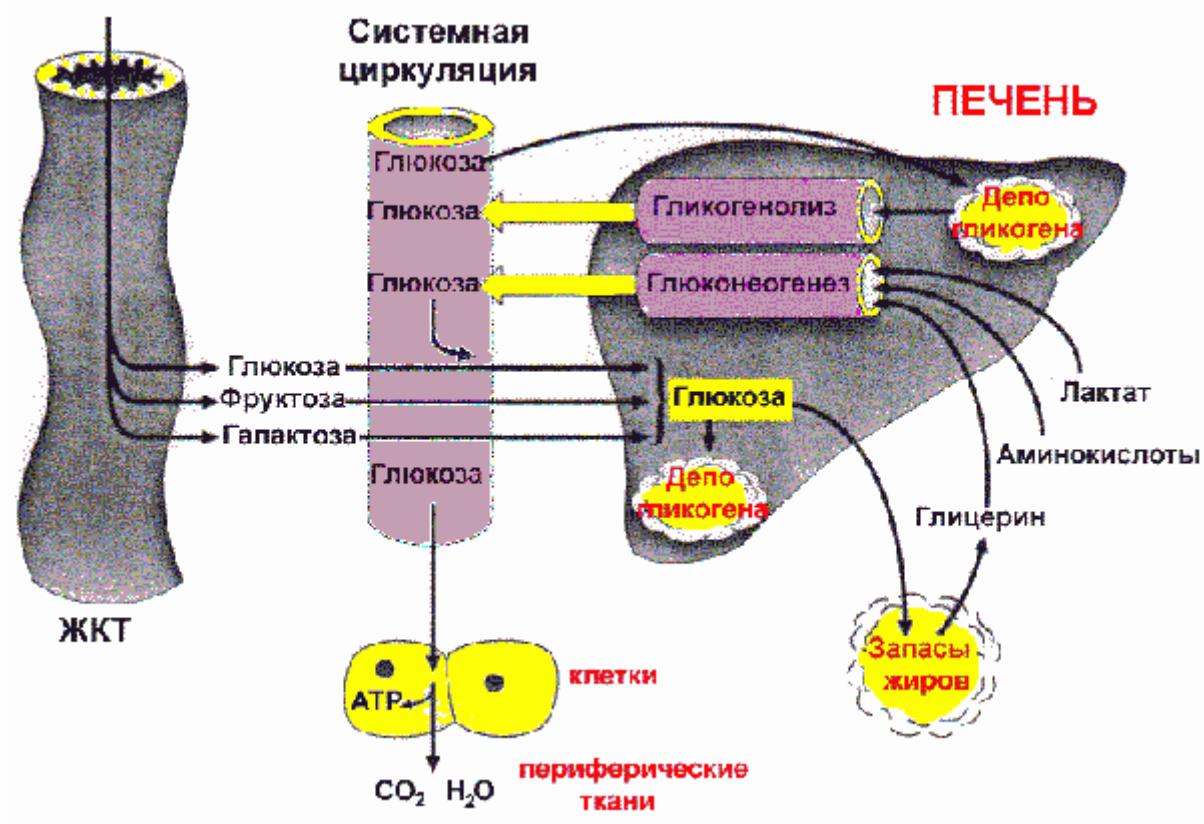


Рис. 3Р. Кислотные дожди после 1980-х.

Помимо тех прямых повреждений природы, нанесенных присутствием и техногенной деятельностью человека, которые очевидны после рассмотрения рисунков 1Р-3Р, упомянем кратко их действие на человеческий организм и биоценозы. Куда бы мы не обратили свой взгляд, поражает борьба человека с «вредоносной» природой. Если речь идет о сельскохозяйственных угодьях, то там исторически сложившиеся в течение тысячелетий сообщества заменяются монокультурами нужными человеку. Например, в последнее время фермеры с подачи ученых фирмы Монсанто стали засевать поля генномодифицированными сортами помидор, яблок, кукурузы, хлопчатника и многих других культур. Натиск новых не свойственных ранее генов приводит к тому, что модифицируются и дикие виды. Пока неясно к чему приведет такое массовое вторжение нового генетического материала в живую природу, однако уже сейчас видно, что новые модифицированные сорта, сделанные в угоду производителям продукции более лежкими в значительной степени потеряли свой вкус и аромат. Чтобы избежать потерь от вредителей, растения обрабатываются ядохимикатами, которые попадают в почву, нанося ущерб и окружающей природе и человеку. Все эти мероприятия наносят непоправимый удар по биоразнообразию и, в конечном счете? по устойчивости биоценозов. Человек отравляет все вокруг себя и рядом с собой (см карты). Он пьет недостаточно чистую воду, дышит запыленным воздухом, содержащим вредные примеси, потребляет продукты, содержащие незнакомые его организму белки. Ни один из компонентов, перечисленных выше, не убивает немедленно и наповал, но все вместе взятое ухудшает качество жизни, и приводит к вялым смазанным ответам иммунной системы в виде аллергий разной степени тяжести.

Гомеостаз глюкозы в организме

Углеводы



Биоиндикаторы



Ракообразные



Дафнии



Дафнии



Protozoa – простейшие



Protozoa – простейшие



Aglae – водоросли



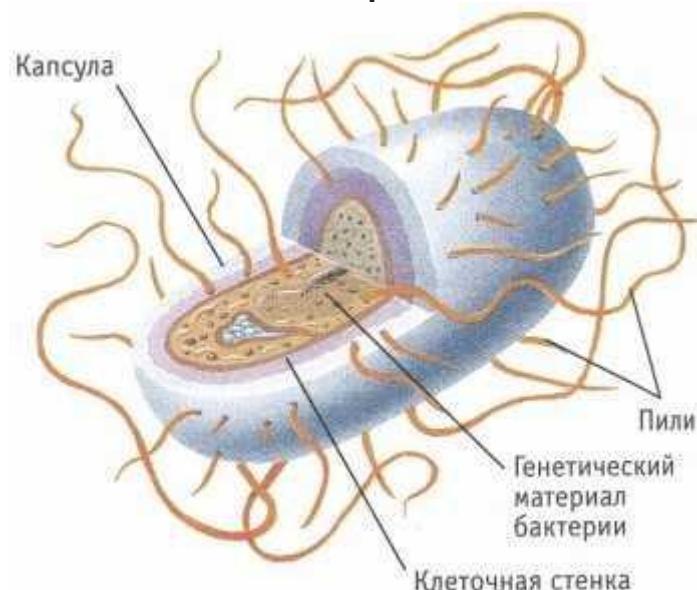
Aglae – водоросли



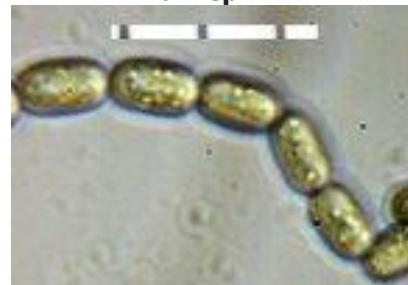
Бактерии



Бактерии



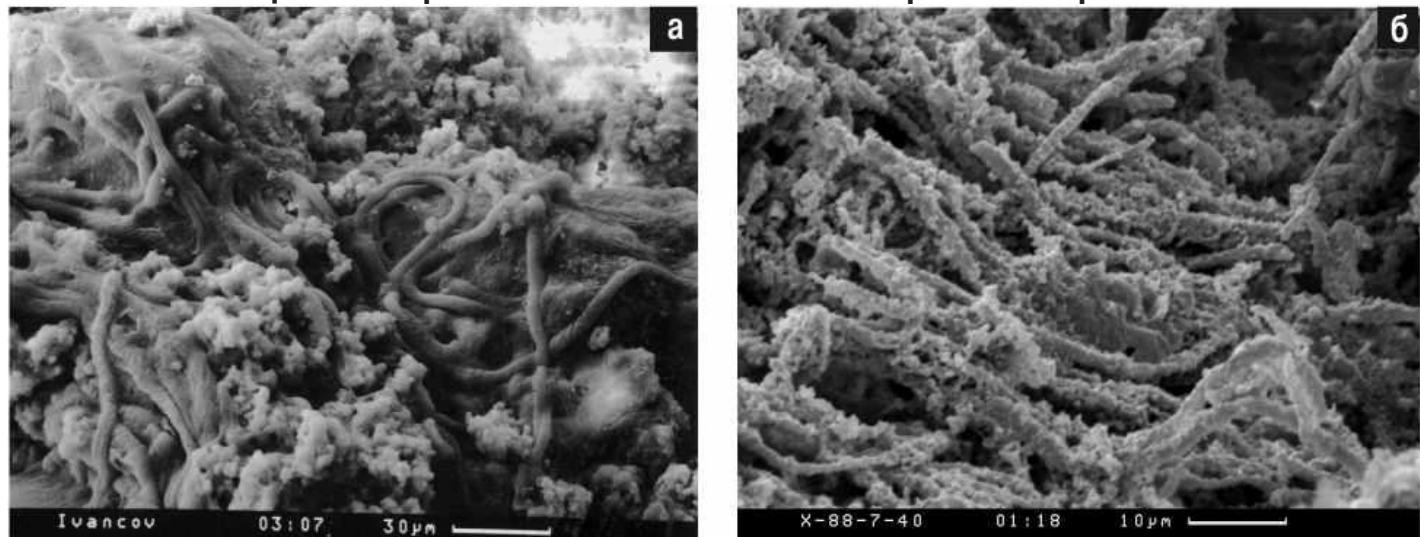
Бактерии



Цианобактерии



Цианобактерии *Trichodesmium thiebautii* из Карибского моря



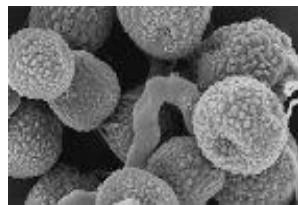
Фрагмент нити цианобактерии *Anabaena* sp
Современные (а) и раннекембрийские (б) цианобактерии



Грибы (Волосатая плесень)



Грибы (плесень)



Споры плесневых грибов



Мхи и лишайники



blue lichen

Биомаркеры

Ученые обнаружили биомаркер, способный указать на наличие онкологического заболевания

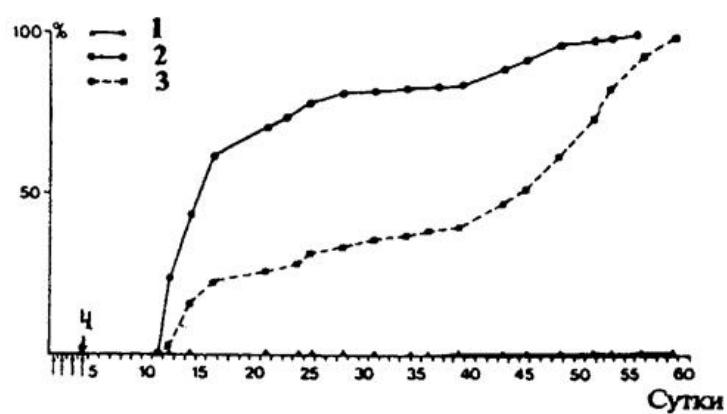


Примером биомаркера можно назвать популяцию рыбьей молоди, находившейся в течение 12 месяцев в емкостях, содержащих обычную воду с примесью сточных вод в разной пропорции.



Использование мальков радужной форели в качестве биомаркеров на загрязнение воды диоксинами, содержащимися в летучей золе мусоросжигательного завода [Th. Helder, E. Struttrheim, K. Olie. Chemosphere, Vol. 11, #10, pp. 952-972, 1982.]

**Суммарная смертность мальков
после 4 дней пребывания в отравленной воде**



1. Контроль; 2. Неочищенный экстракт летучей золы; 3. Очищенный экстракт летучей золы



Фотография погибшего малька: 1. Гидроцефалия мозга. 2. Некроз плавников.

Зоны преимущественных ландшафтов





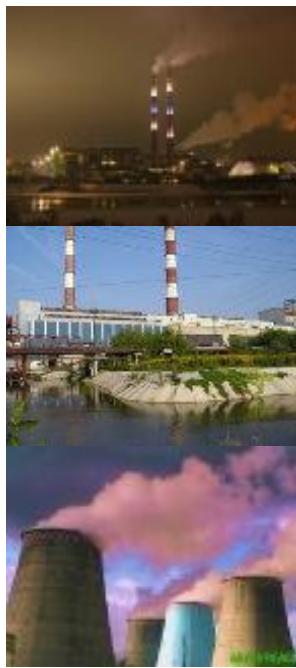
Зоны смешанных (искусственных) ландшафтов



Жилые (селитебные) зоны



Промышленные зоны



Рекреационные зоны



ЛИТЕРАТУРА

1. П.К. Анохин Философские аспекты теории функциональной системы // Избранные труды. – М.: Наука, 1978. –С. 27-48
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия. // Под общ. ред. чл. корр. РАН В.В.Клюева. -М.: МГФ «Знание», «Машиностроение», 2000 , - 495 с.
3. В.Ф. Протасов Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учебное и справочное пособие. - М.: «Финансы и статистика», 2001, - 670 с.
4. М.Д. Харламова, В.П.Зволинский, Д.А. Кривошеин Экологически чистые технологии и производства. Теория и практика. Часть 1. Уч. пособие. –М: РУДН, 2008, -107с.
5. Е.А. Пастухова Сущность и особенности устойчивого развития территории.// Ж. «Успехи современного естествознания», -М.: №5, 2007 г.
6. П.Г. Приймак К вопросу об устойчивости экосистем. // Материалы научно-технической конференции МГТУ. Секция «Биология и биотехнология», 2000
7. Краткая географическая энциклопедия, Том 3/ Гл.ред. А.А. Григорьев - М.: Советская энциклопедия - 1962, 580 с. с илл., 19 л. карт.
8. Н.И. Горбунов Буферность почв. www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/002/292.htm/
9. Сониясси Р., Сандра П., Шлет К. Анализ воды: органические микропримеси. Практическое руководство. СПб: ТЕЗА, 2000, - 250 с.
10. В.Н.Майстренко, Н.А.Клюев Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, - 323 с.
11. Экология. Охрана природы и экологическая безопасность. / Уч. пособие под ред. В.И.Данилов-Данильян, -М: МНЭПУ, 1997
12. А.П. Парахонский, Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека. // Успехи современного естествознания № 2, 2007,с. 21-28
13. Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. Учебное пособие.–М: Гранд, 2000
14. Родионов А.И., Клужин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. Учебник для ВУЗов. –М: Химия, 1989 РАН В.В.Клюева. -М.: МГФ «Знание», «Машиностроение», 2000 , - 495 с.
15. Экология. Охрана природы и экологическая безопасность. Уч. пособие под ред. Данилов-Данильян В.И., –М: МНЭПУ, 1997
16. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств
17. Ласкорин Б.Н., Громов Б.В., Цыганков А.П. Проблемы развития безотходных производств.–М: Стройиздат. 1985
18. Харламова М.Д., Зволинский В.П., Кривошеин Д.А. Экологически чистые технологии и производства. Теория и практика. Часть 1. Уч. пособие. –М: РУДН, 2008 г.
19. Международная конвенция: «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» (1991 г.).
20. Годовой научно-технический отчет ЗАО «Прима-М», 2004 г.
21. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. –М.: Высшая школа, 2001, - 510 с.
22. Методические рекомендации «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения»// № 2510/5716-97-32 от 30.07.97
23. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, 323 с.
24. Кульский Л.А. Очистка воды на основе классификации ее примесей. / Укр.НИИ НТИ и ТЭИ, Киев, 1967,с.14
25. Еремеева А.О. // Журн. экологич. химии. 1995. Т.4, №2. С. 141-149
26. П. В. Молодов Научно-технический отчет ЗАО «Прима-М», 1997 г.

27. Mann R.E. Global Environmental Monitoring System, SCOPE, Rep.3. Toronto, 1973.
28. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. –М: МНЭПУ, 1998. -208 с.
29. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга // Изв.АН СССР, сер.геогр., №3, 1975.
30. Клюев В.В., Ковалев А.В., Щербаков А.Г.и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ /Под общ. ред. В.В.Клюева.–М.:Машиностроение,2000.-496с.,ил.
31. Израэль Ю.А. Об оценке состояния биосфера и об основании мониторинга //Докл.АН СССР, т.226, №4, 1975, с.955-957.
32. Израэль Ю.А./Метеорология и гидрология, 1974, №7,, с.3-8.
33. Родионов А.И., Клужин В.Н., Торочешников Н.С Техника защиты окружающей среды. Учебник для ВУЗов. –М: Химия, 1989
34. Josephson J. // Environ. Sci. Technol. 1983. Vol. 17, N 3, P 124A-128A.
35. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. Москва, 1996, 319 с.
36. Акимова Т.А., Хаскин В.В.Экология: Учебник для вузов. - М.:ЮНИТИ, 1998.- 455с.
37. Дутчак С.В., Павлова Н.К., Шаталов В.Е., Вулых Н.К./// Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. Выпуск №5. Москва, ВИНИТИ, 2000. С. 158-181.
38. Jobb B., Uza M., Husinger R. et al./ Chemosphere.1990. Vol.20. N10/12. P.1553-1558.
39. Еремеева А.О. // Журнал экологической химии. 1995 Т. 4, N2. С. 141-149.
40. Ливанов Г.А., Худолей В.В., Колбасов С.Е. // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. Выпуск №5. Москва, ВИНИТИ, 2000. С.70-80.
41. Леонов А.В., Пищальник В.М. Биотрансформация органогенных веществ и нефтяных углеводородов в водах залива Анива: оценка с помощью математического моделирования. Водные ресурсы, 2003, Т. 30, N.5, С.616-632.
42. Никитин В.А., Коноплев А.В., Самсонов Д.П., Хомушко Г.В., Черник Г.В., Рычков А.М.// Полиароматические углеводороды в атмосфере дальневосточной российской Арктики.- Метеорология и гидрология, 2006, №4, С. 70-7.
43. Тяжелые металлы: Трансграничное загрязнение окружающей среды. Информационный отчет. МСЦ-В, КХЦ, 2003.N2, С48. <http://www.msceast.org/Russian/>
44. Шаталов В., Маланичев А., Дутчак С. Распространение стойких органических загрязнителей в европейском регионе и Северном полушарии. Информационный обзор ЕМЕП, 2002. N4. с 47. <http://www.msceast.org/Russian/publications.html>
45. Манцева Е., Маланичев А., Вулых Н. Полиароматические углеводороды в окружающей среде. Техническая записка. МСЦ-В, 2000. N9. с94. <http://www.msceast.org/Russian/publications.html>
46. Астафьева Л.С. Экологическая химия. М. Изд. Центр Академия, 2006, 224 с.
47. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004,323 с.
48. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. М.; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 528 с.
49. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды химическими веществами и экологически обусловленные изменения состояния здоровья населения в городах России// Материалы Всероссийской конференции по экологической безопасности// Москва, 4,5 июня 2002 года.
50. Ревич Б.А., Быков АА. Оценка смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна // Проблемы прогнозирования. 1998. №3, С.
51. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду .-М.-2002. -408с.

52. Ревич Б.А., Сотков Ю.П., Клюев Н.А., Бродский Е.С., Липченко Ю.Н., Музуров И.В., Зейлерт В.Ю. Диоксины в окружающей среде, в крови и грудном молоке жителей города Чапаевска // Гигиена и санитария, 2001, №6, С.6 - 11.
53. Уральшин А.Г. Изучение состояния здоровья населения и репродуктивной функции женщин в связи с влиянием факторов окружающей среды г. Карабаш. Отчет. Челябинск, 1993, 162 с.
54. Goncharov N.P., Nizhnik A.N., Dobracheva A.D, all. // Organohalogen Compounds. - 1999. - Vol.42. - PP.61 - 65.
55. Чуканин Н.Н., Васильев В.И. Окружающая среда и периферическая красная кровь// Экология и здоровье детей. 1998, С 285-309.
56. Юрченко В.В., Сычева Л.П., Ревазова Ю.А., Ревич Б.А., Журков В.С. Анализ частоты микроядер и ядерных аномалий в эпителиальных клетках слизистой щеки у женщин, контактирующих с диоксинами // Токсикологический вестник, 2000, №3. С.2 - 6
57. Быков А.А., Ревич Б.А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России.// Методика труда и промышленная экология. 2001, №5, С 6-10.
58. Дьячков М.П., Ефимов Н.В. Оценка риска для здоровья детей при воздействии метилированной ртутью.// Гигиена и санитария, 2001, №2, С 49-51.
59. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир, 1997. 232 с.
60. Засыпкин М.Ю. Современные подходы к решению проблемы бесплодия среди населения городов с развитой химической промышленностью. Автореферат дис. канд. мед. наук, Москва, 1995.
61. Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты, 1984 г. Кольский филиал АН СССР. Сборник статей.- с. 26-34.
62. Лукина Н.В, Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М.: Наука, 2005. - 245с.
63. Куций В.Г., Астронов Н.С., Вовк А.В. Аналитическая химия природных и сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. М., Стройиздат, 1998, С. 5-14.
64. М.Хенце, П.Армозс, Й.Ля-Кур-Янсен, Э.Арван. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2004. - 480с.
65. Меньшиков В.В., Швыряев И.А. Проблемы анализа риска для населения и окружающей среды при загрязнении атмосферного воздуха- М.: Изд-во МГУ,2004.- 202 с
66. Унифицированные методы анализа вод/ Под.общ.ред. Ю.Ю.Лурье. -М.:Химия,1971
67. Е.Л.Перегуд, Е.В. Гернет Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Изд.3-е, испр.Л., «Химия», 1973
68. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:Изд-во МГУ, 1970.
69. Кузьмин Н.М. - Журн.аналит.химии, 1999, т.54, №9, СС.902-908.
70. Бегунов А.А., Конопелько Л.А. Физико-химические измерения состава и свойств материалов и веществ/Учебное пособие. М.:Изд-во стандартов, 1984. - 144с.
71. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М.: «Мир», 1971.- 501с
72. КрещковА.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Количественный анализ, книга вторая, изд.4-е, перераб.М.: «Химия», 1976.-480с.
73. T. Prasada Rao, K. Prasad, R. Kala, J. Mary Gladis. Biometric Sensors for Toxic Pesticides and Inorganics based on Optoelectronic/Electrochemical Transducers. Critical Reviews in Analytical Chemistry 37, 191-210, 2007.
74. Jamil K. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment. 2001. Science Publishers, Inc Enfield-Plymouth , p.46.
75. А.П. Парахонский Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека, Успехи современного естествознания № 2, стр 21-28, 2007
76. Bioindicators&Biomonitor. Principles, Concepts and Applications. 2003. Eds B.A. Markert, A.M. Breure, Zechmeister. Elsevier, p4.

77. Altenburger R., Schmitt-Jansen M. Predicting toxic effects of contaminants in ecosystems using single species investigations. 2003, Bioindicators and Biomonitoring.
78. Markett B.A., Breure A.M., Zechmeister (Eds), Elsevier Science Ltd, pp. 153-198. Reference 7, p. 208
79. Kaiser Jamil. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assesment. 2001 Science Publishers, Inc. Enfield(NH), USA, Plymouth, UK
80. B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister. Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Chapter 1 in: Bioindicators & Biomonitor. Principles, Concepts and Applications. 2003. Eds B.A. Markert, A.M. Breure, Zechmeister. Elsevier, p. 3.
81. B. Markert, J. Oehelmann, J. Roth. 1997 General Aspects of Heavy Metal Monitoring by Plants and Animals. In: Subramanian, G. Iyengar, V(Eds). Environmental Biomonitoring- Exposure Assessment and Specimen Banking. ACS Symp. Ser. 654, American Chemical Society, Washington, DC.
82. Jordan D., Kremer R.J., Bergfield W.A., Kim K.Y., Cacnio V.N. 1995. Evaluation of microbial methods as potential indicators of soil quality in historical agricultural fields. Biol. Fertil. Soils 19, 297-302.
83. Wolterbeek H.T., Garty J., Reis M.A. and Freitas M.C. Biomonitor in use: lichens and metal air pollution. 2001. In: Bioindicators and biomonitor. Markert B.A, Breure A.M., Zechmeister (Eds), Elsevier Science Ltd, ,p.377.
84. Cislaghi C., Nimis P.L. Lichens, air pollution and 547.1998. New Physiol. 139, 537- lung cancer. 1997. Nature, 387, 463-464.
85. Kauppi M., Kauppi A., Garty J. Ethylene produced by the lichen *Cladina stellaris* exposed to sulphur and heavy-metal-containing solutions under acidic conditions. 1998. New Phytol., 139, 537-547.
86. Garty J., Weissman L., Cohen Y., Karnieli A., Orlovsky L. Transplanted lichens in and around the Mount Carmel National Park and the Haifa Bay industrial region in Israel: physiological and chemical responses. 2001. Environmental Research, part A. 35, 159- 176.
87. Miller J.E., Brown D.H. Studies of ammonia uptake and loss by lichens. 1999. Lichenologist, 31, 85- 93.
88. Goyal R., Seaward M.R.D. Metal uptake. in terricolous lichens. 1. Metal localization within the thallus. 1981, New Physiol. 89, 631- 645.
89. Piervittori R., Usai L., Alessio F., Maffei M. Surface N-alkane variability in *Xanthoria Parietina*. 1996. Lichenologist, 28, 79- 87
90. Garty J., Tamir O., Hassid I., Eshel A., Cohen Y., Karnieli A., Orlovsky L. Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, and Spectral Reflectance in Lichens Exposed to Air Pollution. 2001. J. Environ. Qual., 30, 884- 893.
91. Taehanen S., Metsarinne, Holopainen T., Oksanen J. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. 1999. Environmental Pollution, 104, 121-129.
92. Welsman L., Fraiberg M., Shine L., Garty J., Hochman A. Responses of antioxidants in the lichen *Ramalina lacera* may serve as an early-warning bioindicator system for the detection of air pollution stress. 2006. FEMS Microbiol. Ecol. 58, 41-53.
93. Sancho L., De La Torre R., Horneck G., Ascaso C., De Los Rios A., Pintado A., Wierzcho J., Schuster M. Lichens survive in space: results from the 2005 LICHENS experiment. 2007. Astrobiology, 7 , 443- 454.
94. Ю.Е. Абросимова, В.П. Ушаков Разработка перечня индикаторов здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды для использования в базах данных по оценке влияния окружающей среды на здоровье населения. 1998 / Web-Атлас «окружающая среда и здоровье населения России». www.sci.aha.ru/ATL/ra00.htm

95. Ревич веществами и экологически обусловленные изменения состояния здоровья населения в городах России// Материалы Всероссийской конференции по экологической безопасности// Москва, 4,5 июня 2002 года.
96. Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова Экологическая эпидемиология Учебник для ВУЗов. // Под ред. Б. А.Ревича. -М., Изд. "Академия", 2004, - 384 с.
97. Ревич Б.А., Быков А.А. Оценка смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна // Проблемы прогнозирования. 1998. №3, С.
98. Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Клюев Н.А., Бродский Е.С., Липченко Ю.Н., Музуров И.В., Зейлерт В.Ю. Диоксины в окружающей среде, в крови и грудном молоке жителей города Чапаевска // Гигиена и санитария, 2001, №6, С.6-11.
99. Здоровье населения г. Дмитровграда. Экологический анализ медико-статистических данных за 1970-2000 г. А.Д. Дороненко, Л.Г. Фалалеева, Е.М. Черкасова, 2002 г.
100. Уралышин А.Г. Изучение состояния здоровья населения и репродуктивной функции женщин в связи с влиянием факторов окружающей среды г. Карабаш. Отчет. Челябинск, 1993, -162 с.
101. Goncharov N.P., Nizhnik A.N., Dobracheva A.D, all. // Organohalogen Compounds. - 1999. - Vol.42. - PP.61 - 65.
102. Чуканин Н.Н., Васильев В.И. Окружающая среда и периферическая красная кровь// Экология и здоровье детей. 1998, С 285-309.
103. Юрченко В.В., Сычева Л.П., Ревазова Ю.А., Ревич Б.А., Журков В.С. Анализ частоты микроядер и ядерных аномалий в эпителиальных клетках слизистой щеки у женщин, контактирующих с диоксинами // Токсикологический вестник, 2000, №3. С.2 – 6.
104. Быков А.А., Ревич Б.А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России.// Методика труда и промышленная экология. 2001, №5, С 6-10.
105. Дьячков М.П., Ефимов Н.В. Оценка риска для здоровья детей при воздействии метилированной ртутью.// Гигиена и санитария, 2001, №2, С 49-51.
106. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир, 1997.- 232 с.
107. Mann R.E. Global Environmental Monitoring System, SCOPE, Rep.3. Toronto, 1973
108. Израэль Ю.А. Метеорология и гидрология, 1974, №7,. с. 3-8.
109. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга// Изв. АН СССР, №3, 1975.
110. Израэль Ю.А. Об оценке состояния биосфера и об обосновании мониторинга // Докл. АН СССР, т.226, №4, 1975, с.955-957.
111. Ананичев К.В. Проблемы окружающей среды, энергии и природных ресурсов. М., 1974. С.136-137.
112. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях: Ч. 1. Общая / Ю.А. Афанасьев, С.А.Фомин. -М.: Изд-во МНЭПУ,1998-208 с.
113. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях: Ч. 2. Специальная / Ю.А.Афанасьев, С.А.Фомин, В.В. Меньшиков и др.-М.: Изд-во МНЭПУ,2001-337с.
114. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ В.В. Клюев, А.В. Ковалев, А.Г.Щербаков и др./ Под общ. Ред. В.В. Клюева -М.: Машиностроение, 2000.-496с.
115. Хуторской М.Д., Зволинский В.П., Рассказов А.А. Мониторинг и прогнозирование геофизических процессов и катастроф: Учеб. Пособие.- М.: Изд-во РУДН, 1999. - 222с:
116. Ю.П. Киенко Введение в космическое природоведение и картографирование: Учебник для вузов. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат,1994.-212 с.
117. В.С. Тикунов, Е.Г. Капралов, А.В. Заварзин и др. Сборник задач и упражнений по геоинформатике. -М.: Издательский центр "Академия",2005.-560с.
118. У.Г. Рис Основы дистанционного зондирования. -М.:Техносфера,2006.-336 с.
119. И.А.Лабутина. Дешифрирование аэрокосмических снимков.- М.: Аспект Пресс, 2004.-184 с
120. Майкл Н. ДеМерс Географические информационные системы. Основы: Пер. с англ. – М.: Дата+, 1999 - 489с.

121. Таусенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. Пер. С англ. - М.: Финансы и статистика, 1990.-320с.
122. Хабаров С. Экспертные системы
123. П. Вудс У.А. Основные проблемы представления знаний //ТИИЭР. - Т. 74, №10.- С. 32-46.
124. Маленков А.С., Информационные интеллектуальные технологии в системах безопасности
125. Ноженкова Л.Ф. Интеллектуальные системы поддержки принятия решения по предупреждению и ликвидации ЧС
126. Осипов Г.С.Приобретение знаний интеллектуальными системами: Основы теории и технологии. - М.: Наука. Физматлит, 1997. - 112с.
127. Бухалев В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. - М.: Наука. Физматлит, 1996, - 288с.
128. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
129. Агроэкология. Методология, технология, экономика. Черников В.А., Грингоф И.Г., Емцев В.Т. и др. –М.: КолосС, 2004.- 400 с.
130. Джейферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир,1981. - 256 с.
131. Антонов А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 454 с.
132. Ляпунов А.А. О математическом моделировании в проблеме «Человек и биосфера». – В кн.: Моделирование биогеоценотических процессов. М., 1981. – с. 5-29.
133. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. – М., 1971.- 458с.
134. Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. – СПб.: «Иван Федоров», 2003.- 240 с.
135. Горстко А.Б., Угольницкий Г.А. Введение в моделирование эколого-экономических систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 1990.- 111 с.
136. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. – 418 с.
137. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 232 с.
138. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. – М.: Наука, 1985.- 251 с.
139. Bolin B., Eriksson E. Changes in the carbon content of the atmosphere and the sea due to fossil fuel combustion // The atmosphere and the sea in motion. Rossby Memorial Volume / Ed.: Bolin B. – N.Y.: Rockefeller Inst. Press, 1959.p. 130-143.
140. Eriksson E., Welander P. On a mathematical model of the carbon cycle in nature // Tellus. 1956. V. 8.- p. 155-175.
141. Machta L. The role of the oceans and the biosphere n the carbon dioxide cycle // Gothenburg, Nobel Symp., August 16-20. 1971. p. 37-47.
142. Revelle R., Suess H.E. Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO during the past decades // Tellus. 1957. V. 9.p. 18-27.
143. Tarko A.M., Nefedova E.I., Usatyuk V.V. Prediction of Regional and Global Human Impacts on Climate and Biosphere with the Aid of Coupled Carbon Cycle and Climate models. // In: Climate Variability and Climate Change Vulnerability and Adaptation. Proc. of the Regional Workshop. Ed.: Ivana Nemesova. Prague, Czech Republic, Inst. of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, 1996- p. 147-162.
144. Welander P. On the frequency response of some different models describing the transient exchange of mattter between the atmosphere and sea. // Tellus. – 1959. - V. 11. - p. 348-354.
145. Aleksandrov V.V., Stenchikov G.L. On the modelling of the climatic consequences of the nuclear war. // Moscow: Computer Center, USSR Acad. Sci. - 1983.- p. 10.

146. Environmental Consequences of Nuclear War. Physical and Atmospheric Effects. SCOPE 28. - Eds.: Pittock A.B., Ackerman T.P., Crutzen P.J., MacCracken M.C., Shapiro C.S., Turco R.P. - Wiley, U.K., 1985. - V. 1.- 359 p.
147. Александров Г.А., Арманд А.Д., Свирежев Ю.М., Тарко А.М. и др. Математические модели экосистем. Экологические и демографические последствия ядерной войны. // Под ред. А.А. Дородницына. // М.: Наука, 1986. – 176 с.
148. Environmental Consequences of Nuclear War. Ecological and Agricultural Effects. SCOPE 28. - Eds.: Harwell M.A., Hutchinson T.C. - Wiley, U.K., 1985. - V. 2. – 523 p.
149. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976.- 288 с.
150. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977. -297 с.
151. Кирьянов Д.В., Кирьянова Е.Н., Козлов Н.И., Кузнецов В.И. Моделирование влияния возрастных эффектов на развитие лесных биоценозов, http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep24/prep2005_24.html
152. Гильманов Т.Г. Теоретические основы математического моделирования экосистем. М.-1992, дисс. на соиск. уч. ст. д.б.н., М. 1992. -285 с.
153. Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А. Жизнь в почве. –М.:Молодая гвардия, 1985. – 191 с.
154. de Wit C.T. Photosynthesis of leaf canopies. // Agric. Res. Rep. - 1966. - V. 663. - p. 1-57.
155. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивность агроэкосистем. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1981. - 167 с.
156. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и сельскохозяйственную продуктивность России. – Метеорология и гидрология, 1994, № 4. – с. 34-39.
157. Alcamo J., Dronin N., Endejan M., Golubev G., and Kirilenko A. – Will Climate Change Affect Food and Water Security in Russia? – Summary Report of the International Project on Global Environmental Change and its Threat to Food and Water Security, Center of Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany, 2003. – 27 p.
158. Impact of climatic changes on the biosphere. // Climatic impact assessment program. - N.Y.: Department of transportation. - 1975.-p. 45-49.
159. Shugart H.H. A Theory of Forest Dynamics. N.Y.: Springer – Verlag. 1984. – 238 с.
160. Сузан Д.В. Математическое моделирование распространения загрязнений в воздушной среде. Дисс. на соиск. уч. ст. к.ф-м.н. М. , 2003. – 124 с.
161. Быков А.А., Мурzin Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. – СПб.: Наука, 1997. – 247 с.
162. Облучение в результате Чернобыльской аварии. Приложение доклада НКДАР за 1988 г. Генеральной Ассамблеи ООН. Нью-Йорк: ООН, 1988.- с. 27
163. Тарко А.М., Быкадоров А.В., Крючков В.В. Моделирование действия атмосферных загрязнений на лесные экосистемы в регионе. Доклады Академии Наук, 1995, том 341, №4. - с. 571-573.
164. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. Энергоатомиздат, 1991.- 352 с.
165. Ямбург С.Е., Салиев А.В., Алферов А.М. и др. Оценка и прогноз площадей повреждения древостоев фитотоксичными аэропромывбросами. ВНИИЦЛЕСРЕСУРС, 1999. - с. 31-44.
166. Гришин А.М. Математическая модель взаимодействия лесной растительности с атмосферой. Проблемы мониторинга и моделирования динамики лесных экосистем, «Эколес», 1995.- с. 104-128.
167. Казимиров Н.И. Моделирование лесных биогеоценозов. – Петрозаводск, 1986. – 136 с.
168. М.Н.Куница Ландшафтно-селитебное районирование для целей экологического мониторинга.// Ж. «Экология». №7, 2005.
169. Л.А. Калюжная Факторы формирования ландшафта современного города.// Ж. «Экология», №7, 2005

170. Дмитриев В.В. Интегральная оценка экологического состояния и качества природной и антропогенно-трансформированной среды. // Ж. «Успехи современного естествознания», №8, 2007
171. Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза, -М: Аспект-Пресс, 2005
172. Ретеюм А.Ю., Мухина Л.И., Долгушин И.Ю. Природа, техника, геотехнические системы.-М: Наука, 1978, 151 с.
173. Касимов Н.С. Экогоехимия городских ландшафтов.1995
174. Донской экологический центр. 2004 г.// www.ektor.ru/pages/mon.1
175. А.П. Параходский, Нарушения иммунорегуляции микробиоценоза организма человека, // Ж. «Успехи современного естествознания» № 2, стр 21-28, 2007
176. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Экологическая диагностика: Энциклопедия/ В.В.Клюев, А.В.Ковалев, А.Г.Щербаков и др./Под общ.ред. В.В.Клюева. -М.:Машиностроение,2000.-496с.,ил.
177. Меньшиков В.В., Швыряев И.А. Проблемы анализа риска для населения и окружающей среды при загрязнении атмосферного воздуха- М.: Изд-во МГУ,2004.- 202 с.-ISBN 5-211-05996-X
178. Унифицированные методы анализа вод / Под.общ.ред. Ю.Ю.Лурье. -М.: Химия, 1971
179. Е.Л.Перегуд, Е.В. Гернет Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Изд.3-е, испр.Л., «Химия», 1973
180. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:Изд-во МГУ, 1970.
181. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004, 323 с.
182. Кузьмин Н.М. - Журн.аналит.химии, 1999, т.54, №9, СС.902-908.
183. Бегунов А.А., Конопелько Л.А. Физико-химические измерения состава и свойств материалов и веществ/Учебное пособие. М.:Изд-во стандартов, 1984. - 144с.
184. Постановление Правительства г. Москвы «О перспективном функциональном зонировании территории г. Москвы» № 737 от 14 октября 1997 г
185. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. ГОСТ 17.1.3.13-86
186. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630-88. Госкомсанэпиднадзор России, 1988 г.
187. Хиль Касанова Марко Эколого-химические аспекты анаэробной очистки бытовых сточных вод и обработки их осадков. Автореферат. –М.: РУДН, 2004
188. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 26.05.88 №4617-88 – основной список
189. Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 07.12.90 №5203-90 – основной список

СПИСОК ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ

1. <http://www.msceast.org/Russian/>
2. <http://www.msceast.org/Russian/publications.html>
3. <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/002/292.htm>
4. <http://www.ntsomz.ru/m3/sage3.html>
5. <http://www.ozon-bios.ru/>
6. <http://www.pogoda.by>
7. http://www.landshafta.net/garden_knowledge/pochva/
8. http://www.geo.alt.ru/Altai/pothvi/pothvi_st.html

9. <http://www.images.yandex.ru>
10. <http://www.lory.ru>
11. <http://www.images.yandex.ru>
12. http://www.ecmon.ru/news/sewage_treatment
13. <http://www.baikal-waste.eu.eu/eng/praktikum.shtml>
14. <http://www.spacecenter.ru/N3-1.htm>
15. <http://www.intelcom.ru/s3/monitor.html>
16. <http://www.altaon.ru/index.html>
17. <http://www.macrolab.com.ua>
18. <http://www.biochemistry.ru/pub/book11.htm>
19. <http://www.gammar.ru/articles.htm>
20. <http://www.users.interport.net/w/o/wolf1/protozoa.html>
21. <http://www.websters-online-dictionary.org/al/algae.html>
22. <http://www.hiddenworlds.co.uk/gallery/macro/microscopic/Algae.htm>
23. <http://www.ecoprim.ru/services/unichtozhenie-bakterii/>
24. <http://www.sciam.ru/2005/9/news-8.shtml>
25. <http://www.rwpbb.ru/test/m39var1.html>
26. <http://www.floranimal.ru/classes/5422.html>
27. <http://www.newsland.ru/News/Detail/id/115034/22>
28. <http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/AV9.htm>
29. <http://graphite.ukrbiz.net/geograph1.htm>

Агробиоценоз – совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного использования, занятых посевами или посадками культурных растений.

Аккумуляция загрязнителей – наблюдаемое экспериментально накопление разнообразных загрязняющих веществ антропогенного происхождения в различных средах: атмосфере, гидросфере, почве.

Альтернативное земледелие – земледелие, ориентированное на агротехнические методы (без применения легкорастворимых минеральных удобрений и пестицидов).

Анализ риска – исследования, позволяющие определить природу риска (экологического, экономического, технологического и т.д.) и его вероятность при осуществлении какого-либо хозяйственного проекта или проведения определенной политики.

Антропогенная нагрузка – уровень прямого и косвенного воздействия человека и его хозяйственной системы на природу и ее отдельные компоненты.

Антропогенное воздействие – влияние человечества на окружающую среду прямое (истребление, завоз и акклиматизация) и косвенное (изменение ландшафтов и их отдельных компонентов, распашка, промышленное освоение и т.д.).

Антропогенное загрязнение – загрязнение окружающей среды, возникающее в результате хозяйственной деятельности людей, в том числе их прямого или косвенного влияния на состав и концентрацию природных веществ в результате выбросов антропогенных загрязнителей.

Антропогенные процессы – процессы, обусловленные деятельностью человека. Различают прямые (образование искусственных форм рельефа, уничтожение естественных форм) и косвенные (возбуждение или усиление естественных процессов, вызванных деятельностью человека).

Антропоцентризм– совокупность взглядов, согласно которым человек не обязан согласовывать свои цели и действия с состоянием окружающей среды.

Антропоэкосистема (социоэкосистема)– функциональная пространственно-природная система, состоящая из сообщества живых организмов и их среды обитания (биотопа), находящихся под интенсивным воздействием деятельности человека.

Безотходная технология– практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека добиться обеспечения рационального использования природных ресурсов и энергии и охраны окружающей среды.

Безотходное производство– условное название для процесса получения конечных продуктов, в ходе которого достигается максимальное снижение отходов при данном уровне развития технологий.

Биоиндикаторы– организмы или сообщества организмов, присутствие, количество или особенности которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.

Биологические ресурсы– включают генетические ресурсы, организмы или их части, популяции или любой другой биотический компонент экосистем, имеющий реальную или потенциальную пользу или ценность для человечества.

Биологическое загрязнение– проникновение (естественное или благодаря деятельности человека) в эксплуатируемые экосистемы и технологические устройства видов организмов, чуждых данным сообществам и устройствам и обычно там отсутствующих или присутствующих в незначительных количествах.

Болезни цивилизации– болезни человека, возникшие в результате издержек промышленной и научно-технической революций, сопровождающихся деформацией окружающей среды в результате разрушения естественных экосистем.

Водопользование– порядок, условия и формы использования водных ресурсов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства.

Возобновление природных ресурсов– естественное восстановление со временем некоторых природных ресурсов, которые относятся к возобновляемым природным ресурсам (интродукция растений, реакклиматизация животных, восстановление растительности и др.).

Временно согласованные выбросы– предельная масса загрязняющих веществ, разрешенная к сбросу в течение определенного времени (как правило, календарного года) и установленная органами государственного экологического контроля в целях минимизации воздействия (управления воздействием) на окружающую среду.

Время техногенного воздействия– период, в течение которого функционирование технического, антропогенного объекта вызывает изменение состояния, свойств, характера функционирования реципиента-объекта, подвергающегося техногенному воздействию, обычно человека или иного природного объекта.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)– международная межправительственная организация, созданная в 1946 году с целью борьбы с особо опасными болезнями, разработки международных санитарных правил и улучшения санитарного состояния окружающей среды.

Вторичные ресурсы– отходы производства и потребления, а также энергетики (тепловые отходы), которые образуются на предприятиях и могут быть повторно использованы в том же или другом производстве.

Выбросы (эмиссия)– кратковременное или за определенный отрезок времени поступление в окружающую среду любых загрязнителей.

Вывоз отходов– перемещение отходов, в том числе опасных и радиоактивных, от места их возникновения к месту их переработки или захоронения.

Вымирание видов– исчезновение любого таксона от подвида и выше в результате естественных эволюционных процессов и преднамеренного (истребления видов) или непреднамеренного воздействия человека.

Геогигиена– совокупность требований по поддержанию здоровой среды обитания человека.

Геотехническая система– совокупность природных объектов и технических сооружений, прямо связанных друг с другом, когда функционирование технического объекта сильно зависит от природного и наоборот.

Глобальное фоновое загрязнение– загрязнение, имеющее глобальное распространение, обнаруживаемое в разных точках планеты далеко от источников возникновения.

Глобальные проблемы– природные, природно-антропогенные или антропогенные явления, затрагивающие мир в целом. Процесс развития этих явлений называют глобализацией.

Городская (урбанизированная территория)– территория, принадлежащая по закону (праву) городу, участок суши, занятый поселением городского типа и связанными с ним производственными, транспортными и инженерными сооружениями.

Городская экосистема– пространственно ограниченная природно-техногенная система, сложный комплекс взаимосвязанных обменом веществ и энергии автономных живых организмов, абиотических элементов, природных и техногенных, создающих городскую среду жизни человека, отвечающую его потребностям: биологическим, психологическим, этническим, трудовым, экономическим, социальным.

Государственная стратегия устойчивого развития– стратегия устойчивого развития РФ во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 года № 440 и постановления Правительства Российской Федерации от 8 мая 1996 года № 559. Стратегия включает концептуальные основы устойчивого развития, предложения по формированию внешней эколого-экономической политики Российской Федерации, предложения по определению долговременных приоритетов развития экономики и природопользования, а также социального, научно-технического и регионального развития с учетом того, что основные факторы, ограничивающие экономическую активность общества, лежат в области развития биосферы.

Государственная экологическая экспертиза– установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы.

Государственный экологический контроль– часть государственной правоприменительной деятельности по реализации экологического права, заключающаяся в проверке соблюдения экологических требований и выполнения природоохранных мероприятий предприятиями, учреждениями, организациями и гражданами в процессе хозяйственной или иной деятельности, сопряженной с воздействиями на окружающую среду.

Деградация среды– 1.Ухудшение природной среды жизни человека в результате естественных явлений (например, извержения вулкана, наводнения или землетрясения и т.д.) или в результате хозяйственной деятельности самого человека (уничтожение естественных экосистем, загрязнения и т.д.). 2. Ухудшение условий обитания человека в искусственно созданной им среде, например, в городе, как за счет все большего изменения окружающей среды (например, загрязнение воды и воздуха), так и социальных условий.

Декларация конференции ООН по окружающей среде и развитию(1992)– один из трех правовых документов, принятых Конференцией (два других – «Повестка дня на XXI век» и «Лесные принципы»). Декларация содержит преамбулу и определение 27 принципов, в значительной мере повторяющих принципы Декларации Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972).

Допустимая экологическая нагрузка – антропогенная нагрузка (складывающаяся из отдельных однородных или разнородных воздействий), которая не меняет качества окружающей природной среды или меняет ее в допустимых пределах, обеспечивая сохранение и/или повышение продуктивности общества (его структурно-функциональной целостности).

Естественное загрязнение – загрязнение, возникшее в результате, как правило, катастрофических процессов (например, мощное извержение вулкана и т.п.), вне всякого влияния человека на эти процессы.

Естественные ресурсы (син. ресурсы среды) – относительно человеческой деятельности под Е.р. понимается часть всех ресурсов, которые используются или могут быть использованы для разнообразных потребностей общества и общественного производства.

Загрязнение – привнесение в природную или непосредственно в антропогенную среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для этой среды физических, химических или биологических агентов, или превышение в рассматриваемое время естественного среднемноголетнего уровня (в пределах его крайних колебаний) концентрации перечисленных агентов в среде, оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну.

Загрязнение биосфера – комплекс разнообразных воздействий человеческого общества на биосферу, приводящих к увеличению уровня содержания вредных веществ в биосфере или повышение концентрации имеющихся, появлению новых химических соединений, частиц и чужеродных предметов, чрезмерному повышению температуры (тепловое загрязнение), шума (шумовое), радиоактивности и т.д.

Загрязнение окружающей среды – процесс поступления и накопления в ней различных веществ, в результате чего в разных компонентах ландшафта (природных водах, воздухе, живом веществе, почвах и др.) эти вещества накапливаются в несвойственных им концентрациях, превышающие естественные (фоновые) значения.

Защита от загрязнений – система мероприятий, направленных на защиту растений, животных и людей, а также материальных ценностей от вредных воздействий загрязнителей.

Здоровье – состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов (устав Всемирной организации здравоохранения). Такое состояние организма и такая форма жизнедеятельности, которые обеспечивают приемлемую длительность жизни, необходимое ее качество (физическое, психическое, социальное) и достаточную социальную дееспособность (на работе и в быту).

Зона загрязнения – территория, в пределах которой распространены или куда внесены опасные химические вещества либо постоянные биологические (бактериальные) средства в количествах, создающих опасность для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Зона техногенного воздействия – территория вокруг промышленного (хозяйственного) объекта, на которую распространяется его воздействие, что выражается в ухудшении состояния воздушной, водной и геологической среды (загрязнение, нарушение баланса вод, естественного ландшафта и т.д.).

Зона экологического риска – места на поверхности суши и акватория Мирового океана, где человеческая деятельность может создать опасные экологические ситуации, например, зоны подводной добычи нефти на морском шельфе, опасные для проходящих танкеров участки моря, где может произойти их авария с разливом нефти, места захоронения радиоактивных и ядовитых отходов и т.д.

Зоны чрезвычайных экологических ситуаций (зоны экологического кризиса) – официально объявленные участки территории, где в результате неблагоприятных изменений природной среды возникла угроза здоровью и благополучию населения, состоянию естественных экосистем, генетических фондов растений и животных.

Зона экологического бедствия – участок, где в результате хозяйственной и иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за

собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушения природного равновесия, разрушение экологических систем, деградацию фауны и флоры.

Интегральные ресурсы – тесно взаимосвязанная и взаимозависимая (системная) совокупность всех частных видов природных ресурсов – вещественных, энергетических и информационных, т.е. всех природных факторов жизни общества в сочетании с материальными и трудовыми ресурсами человечества.

Интенсивность природопользования – степень использования природных ресурсов и мера эффективности этого использования для общества.

Истощение природных ресурсов – несоответствие между изъятиями природного ресурса и нормами, обеспечивающими устойчивость окружающей среды и жизни на Земле. Имеется в виду не только прямое изъятие, но и косвенное: например, снижение плодородия почвы за счет эрозии и загрязнения, вызванных хозяйственной деятельностью.

Качество жизни человека – совокупность природных и социальных условий, обеспечивающих (или не обеспечивающих) комплекс здоровья человека – личного и общественного, т.е. соответствие среды жизни человека его потребностям, интегрально отражаемое средней продолжительностью жизни, мерой здоровья людей и уровнем их заболеваемости (физической и психической), стандартизованных для данной группы населения.

Контролируемое воздействие – часть воздействия на окружающую среду, которая описана в государственной статистической отчетности и данных государственного экологического мониторинга и контроля.

Контроль за загрязнением среды – наблюдение за уровнем соответствия ее физико-химических параметров, насыщенностью веществами, необходимыми для жизнедеятельности человека (составная часть мониторинга природной среды).

Контроль за окружающей средой – наблюдение за состоянием окружающей среды и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности, проверка выполнения планов и мероприятий по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей среды, осуществляемая специально уполномоченными государственными органами.

Концепция экологического риска – это принятие оптимального с природоохранной точки зрения решения, что означает экономически и социально обоснованное сведение к минимуму отрицательного воздействия объекта на экосистему, включая человека.

Критическая концентрация загрязняющих веществ – при которой даже небольшое дополнительное воздействие приводит к необратимому снижению уровня устойчивости биологического процесса, выбранного в качестве «мишени». В настоящее время определяют по изменению численности гидробионтов, а также по негативным морфологическим, физиологическим, биохимическим и генетическим последствиям загрязнения водной среды.

Критическая (пороговая) экологическая нагрузка (концентрация) – минимальная концентрация антропогенного фактора в окружающей природной среде, вызывающая статистически достоверные изменения в показателях структурно-функциональной организации популяции и/или сообщества (биоценоза), выходящие за пределы адаптационных возможностей биосистемы, исторически сформировавшихся в конкретных изменившихся условиях окружающей среды.

Критические виды – высокочувствительные морские организмы, типичные для данного биотопа, которые исчезают при появлении загрязняющих веществ или проявляют выраженные эффекты (патология, мутации, резкое сокращение размножения).

Критическое состояние природной среды – такое состояние среды, при котором дальнейшее антропогенные воздействия могут нарушить ее устойчивость (вещественно-энергетический баланс) и лишить способности к саморегулированию и самовосстановлению.

Локальное загрязнение— загрязнение небольшого региона (обычно вокруг промышленного предприятия, населенного пункта, вдоль автотрасс).

Мониторинг— система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогнозов в будущем параметров окружающей среды, имеющих значение для человека.

Мониторинг атмосферного воздуха— система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения (закон "Об охране атмосферного воздуха".)

Мониторинг земель— система наблюдений за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов (Земельный кодекс РСФСР.)

Мониторинг лесов— система наблюдений, оценки и прогноза состояния и динамики лесного фонда в целях государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов и повышения их экологических функций (Лесной кодекс Российской Федерации.)

Мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения— долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей природной среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей природной среды, ее загрязнения (закон "О гидрометеорологической службе".)

Мониторинг подземных водных объектов— система наблюдений, оценки и прогнозирования изменения состояния подземных водных объектов под влиянием антропогенных и естественных факторов (Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на подземные водные объекты и предельно допустимых сбросов вредных веществ в подземные водные объекты. Утверждены Министерством природных ресурсов РФ 29 декабря 1998 г.)

Нарушение окружающей среды— любое нарушение природных условий, вызванное деятельностью человека, сопровождающееся или не сопровождающееся ухудшением здоровья населения или материальными потерями. Относят вырубку лесов, сельскохозяйственную деятельность, выбросы и промстоки предприятий и т.д.

Нарушение природного равновесия— геофизически или антропогенно обусловленное нарушение круговорота биогенов, замыкаемого с высокой степенью точности — природного равновесия.

Необратимые изменения среды— перемена в средообразующих компонентах или в их сочетаниях, которая не может быть компенсирована в ходе природных восстановительных процессов, в том числе естественной сукцессии.

Ноосфера— сфера разума, высшая стадия развития (по В.И. Вернадскому) биосфера, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного человечества, с периодом, когда разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором развития на Земле.

Норма выброса— разрешаемое предприятию суммарное количество газообразных и жидким отходов для сброса в окружающую среду. Определяется из расчета того, чтобы сумма вредных выбросов всех предприятий не создавали такую концентрацию загрязнителей, которая бы превышала ПДК.

Нормирование качества окружающей среды— установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, почвы, воды и т.д.). Научная и правовая деятельность человека, нацеленная на охрану природы и рациональное природопользование.

Объект природопользования— пространственно ограниченный комплекс конкретных природных ресурсов, для которого характерны взаимообусловленное использование ресурсов в рамках имеющихся или планируемых технологий, относительная однородность природно-экономических условий развития хозяйства, его специализации, технической вооруженности, обеспеченности материальными и трудовыми ресурсами.

ОГСНК– «Общегосударственная служба наблюдения и контроля за загрязненностью объектов природной среды», информационная служба, предусматривающая комплексное изучение загрязненности всех сред, в том числе и поверхностных вод России.

Окружающая среда– комплекс всех объектов, явлений и процессов, внешних по отношению к данному организму, популяции или сообществу организмов, но взаимодействующих с ними. Взаимодействие осуществляется через круговорот веществ. Таким образом, О. с. включает вещества и организмы биоты, с которыми взаимодействует данный организм, а также популяция и сообщество организмов.

Окружающая среда человека– совокупность природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов, явлений и процессов, с которыми он взаимодействует в процессе своей деятельности.

Опустынивание (аридизация)– процесс, приводящий к потере природным комплексом сплошного растительного покрова с дальнейшей невозможностью его восстановления без участия человека. Происходит, как правило, в засушливых областях в результате действия природных и антропогенных факторов (например, неумеренная эксплуатация пастбищ).

Особо охраняемая территория– территория суши или акватория, выделяющиеся ценностью находящихся объектов, явлений и процессов природного или антропогенного характера.

Охрана окружающей среды– комплекс международных, региональных, государственных и локальных мероприятий, включая административные, политические, технологические, социальные, юридические и общественные, направленные на сохранение в необходимом объеме биоты на Земле, обеспечивающей устойчивость окружающей среды. При этом на локальных и региональных уровнях возможно неустойчивое состояние окружающей среды.

Охрана природы– комплекс политических, правовых, административно-хозяйственных и других мероприятий, осуществляемых по международным, государственным программам и конкретным проектам с целью минимизации негативных экологических и сопутствующих экономических и социальных последствий различных видов человеческой деятельности и сохранения физических, химических и биологических параметров среды в соответствии с требованиями, установленными для обеспечения здоровья, нормальной жизнедеятельности и благосостояния населения.

Показатели состояния окружающей среды– показатели давления (нагрузки) на окружающую среду, состояния окружающей среды и ответной реакции человека для ограниченного набора экологических проблем или даже нескольких групп экопроблем. Для этого создается концептуальная модель взаимодействия человека и природы.

Показатели устойчивого развития– экологические, экономические и социальные. Показатели устойчивого развития должны увязывать качество окружающей среды с экономическим и социальным развитием.

ПДК (для продуктов питания)– установленные нормативами концентрации количества вредных веществ (обычно в процентах), которые как остаточные продукты применяемых в сельском хозяйстве веществ, содержатся в продуктах или на поверхности продуктов растительного и животного происхождения и не влияют на здоровье людей.

ПДК (предельно допустимая концентрация)– норматив; количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства; экологически нормальная, максимальная концентрация загрязняющего вещества в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени не вызывает изменений в организме человека.

Предельно допустимая нагрузка на среду– нагрузка, при превышении которой происходит разрушение структуры среды и нарушение ее функций.

Предельно допустимое поступление (ПДП) – поток загрязнителя, поступающего на единицу площади или объема за единицу времени в количествах, не превышающих ПДК, установленные нормативами.

Предельно допустимые остаточные количества (ПДОК) – количества вредных веществ в пищевых продуктах, способные к накоплению в рыбе и других организмах, определенные по нормам, утвержденным соответствующими медицинскими учреждениями.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – выброс вредных веществ в атмосферу, устанавливаемый для каждого источника загрязнения атмосферы при условии, что приземная концентрация этих веществ не превысит ПДК.

Предельно допустимый сброс (ПДС) – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения качества воды в контрольном пункте.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) – то же, что и ПДК, но связанные с загрязнением среды такими специфическими загрязнителями, как шум, радиоактивность, электромагнитные излучения и т. д.

Преобразование природы – перевод природы в состояние, обеспечивающее выполнение требуемых социально-экономических функций или существенное повышение эффективности их выполнения.

Природная катастрофа – потеря устойчивости природной, природно-антропогенной или антропогенной системы, происходящая в результате изменения ее внутренних и внешних функциональных характеристик – параметров.

Природное равновесие – баланс оборота биогенов, осуществляющее сообществами организмов, замыкаемый с высокой степенью точности и обеспечивающий длительное устойчивое существование окружающей среды, благоприятной для организмов и образованных ими сообществ, которые обладают механизмом восстановления устойчивости окружающей среды при возмущениях (выполняют принцип Ле Шателье).

Природные ресурсы – совокупность природных условий существования человека, важнейшие компоненты окружающей его естественной среды, используемые прямо или косвенно для удовлетворения различных потребностей человека. К ним относятся солнечная и тепловая энергия Земли, водные ресурсы, земельные, почвенные ресурсы и т. д.

Природный фон – естественные, не связанные с деятельностью человека, концентрации или степень воздействия природных веществ или других агентов (например, излучения) на человека и другие организмы.

Природоохранные мероприятия – природоохранная деятельность по сохранению и восстановлению естественной природной среды и природных ресурсов.

Природопользование – использование природных ресурсов в процессе общественного производства для целей удовлетворения материальных и культурных потребностей общества, совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению.

Равновесие в системе «Общество – Природа» – социоэкологическое равновесие, состояние взаимодействия общества и природы, при котором использование природной среды обществом не нарушает функций жизнеобеспечения, выполняемых природными или преобразованными экосистемами.

Рациональное природопользование – система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

Рекреационная нагрузка – степень влияния отдыхающих людей на естественные природные комплексы или рекреационные объекты (например, памятники архитектуры). Выражается в количестве

людей на единицу площади или человеко-дней на единицу площади или на объект за определенный промежуток времени.

Рекультивация – восстановление нарушенной хозяйственной деятельностью человека территории с использованием специальных технологий; включает восстановление ландшафтов, почв, растительности и т.п.

Ресурсосберегающая технология – совокупность последовательных технологических операций, обеспечивающих производство продукта с минимально возможным потреблением топлива и других источников энергии, а также сырья, материалов, воды, воздуха и других ресурсов для технологических целей.

Социальная экология – отраслевая экология, предметом изучения которой являются специфические связи между человеком и окружающей средой; влияние последней как совокупности природных и общественных факторов на человека, а также его влияние на окружающую среду с позиции ее сохранения для его жизни как естественно-общественного объекта.

Стихийные бедствия – природные события и явления, отклоняющиеся от узкого диапазона состояния окружающей среды, в котором нормально функционируют созданные человеком устройства, сооружения, технологии и сам человек.

Сфера воздействия – распространение влияния на геологическую среду природного или антропогенного фактора, учитываемого конкретными исследованиями.

Техногенез – процесс изменения природных комплексов и биогеоценозов под воздействием производительной деятельности человека. Заключается в преобразовании биосфера, вызываемом совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке целого ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений.

Техногенная нагрузка – степень воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, условно подразделяющуюся на допустимую (с соблюдением ПДК) и экологически опасную.

Техносфера – часть биосфера, разрушенная и коренным образом преобразованная людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических и техногенных объектов (здания, дороги, механизмы, предприятия и т. п.) в целях наилучшего соответствия социально – экономическим (но не экологическим) потребностям человечества.

Урбанизация – рост и развитие городов, увеличение удельного веса городского населения в стране, регионе, мире. Приобретение сельской местностью внешних и социальных черт, характерных для города.

Урбосистема – неустойчивая природно – антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем; складывается на урбанизированных территориях.

Урбоэкология – новое направление в экологии, область знания, объектом исследования которой является человек в урбанизированной среде, человеческие поселения в природном окружении и многообразные прямые и обратные связи между окружающей средой и человеком как биологическим и социальным существом.

Уровень загрязнения – содержание загрязнителей в окружающей среде в целом или в ее отдельных составляющих (атмосфера, вода, почва и т. д.) в абсолютных или относительных единицах, а также по косвенным показателям. Фоновый уровень – природная концентрация загрязнителей в среде вместе с дальним и местным переносом загрязнителей, а также не учтываемыми выбросами стационарных и нестационарных источников.

Устойчивое развитие – это развитие, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей ныне живущих людей, и для будущих поколений сохраняется возможность удовлетворять свои потребности.

Утилизация – употребление с пользой, в экологии это использование любых видов отходов; совокупность технологических процессов переработки, использование и размещение в целях производства товарной продукции, предотвращения их вредного влияния на окружающую среду и улучшение ее состояния.

Уязвимость природной экосистемы – степень зависимости экосистемы от внешних воздействий, которые могут привести к нарушению ее структуры и функционирования, т.е. к потере устойчивости.

Чрезвычайная экологическая ситуация – опасное отклонение от естественного или обычного состояния окружающей среды, возникшее в результате стихийного бедствия или хозяйственной деятельности человека, ведущее к неблагоприятным последствиям экономического и социального характера и представляющее непосредственную угрозу жизни и здоровья людей, объектам экономики и элементам окружающей природной среды на ограниченной территории.

Экологизация – процесс последовательного внедрения идей сохранения природы и устойчивой окружающей среды в сферах законодательства, управления, разработки технологий, экономики, образования и т.д. Он означает не только внедрение ресурсосберегающих технологий, очистных систем, принципа «загрязняющий платит», но прежде всего осознание конечности нашей планеты, суши и океана, экологического пространства и естественной биоты и существование предела антропогенной деформации естественной окружающей среды, за которым наступает экологическая катастрофа и возникает проблема выживания человечества.

Экологическая безопасность – состояние защищенности каждого отдельного лица, общества, государства и окружающей среды от чрезмерной экологической опасности.

Экологическая катастрофа – природная аномалия, нередко возникающая в результате прямого или косвенного воздействия человека на природные процессы и ведущая к массовой гибели растений и животных, экономическим потерям и гибели людей. Примерами могут служить явления Эль – Ниньо у берегов Южной Америки в Тихом океане, засухи на больших территориях и т.д.

Экологическая ответственность – компенсационная материально-финансовая ответственность за нанесенный экологический ущерб; обязанность субъекта экономической деятельности возместить нанесенный экологический ущерб. Отличается от административной и моральной ответственности.

Экологическая патология – раздел медицины, изучающий заболевания, вызываемые химическими, физическими, биологическими факторами окружающей среды и условиями жизнедеятельности как профессионального, так и непрофессионального происхождения.

Экологический кризис – напряженное обратимое состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе экологическим возможностям биосферы.

Экологическое бедствие – аномалия, которая сложилась в природной среде на определенной территории в результате возникновения стихийных бедствий или антропогенного воздействия на природные процессы и системы и привела к необратимым изменениям в окружающей природной среде и нарушению нормальных условий жизнедеятельности населения: ухудшению здоровья и ущербу народному хозяйству.

Экологическое равновесие – относительная устойчивость видового состава живых организмов, их численности, продуктивности распределения в пространстве, а также сезонных изменений, биотического круговорота веществ и других биологических процессов в любых природных сообществах.

Экология человека(син. антропоэкология, демоэкология) – наука, изучающая закономерности взаимодействия человеческих общностей с окружающими их природными, социальными, производственными, эколого-гигиеническими факторами.

Экоразвитие (син. экологически приемлемое развитие) – развитие, оказывающее наименьшее негативное на окружающую природную среду и, следовательно, наименьший экологический ущерб. Оно идет с учетом экологических ограничений, направленных на сохранение устойчивости окружающей среды при обеспечении повышения качества жизни людей.

Перечень вопросов итоговой аттестации по курсу

1. Основные понятия. Объекты экологической диагностики.
2. Естественные и антропогенные экосистемы.
3. Источники техногенного загрязнения природно-антропогенных систем.
4. Компоненты природно-антропогенных систем (атмосфера, гидросфера, почвы, геологическая среда, флора и фауна, человек).
5. Социоприродные экосистемы. Состояние человека, как отражение состояния экосистемы.
6. Городские и промышленные экосистемы.
7. Агроэкосистемы.
8. Научные подходы и развитие основ экологической диагностики.
9. Классификация источников и видов антропогенного воздействия (газовоздушные выбросы, сточные воды, твердые промышленные и бытовые отходы).
10. Классификация эколого-аналитического мониторинга.
11. Особенности проведения покомпонентного мониторинга загрязнителей окружающей среды.
12. Оценка фонового состояния компонентов окружающей среды.
13. Выбор метода анализа и приборного обеспечения.
14. Особенности воздействия некоторых химических загрязнителей на живые организмы и человека.
15. Процедуры и операции технологического цикла химико-аналитического контроля.
16. Выбор места отбора проб и контроля загрязнения.
17. Подготовка проб к анализу в лаборатории. Качественный и количественный анализ проб.
18. Обработка и оценка результатов контроля ОС.
19. Химико-аналитические методы контроля состояния окружающей среды.
20. Физико-химические методы контроля: молекулярная спектроскопия.
21. Физико-химические методы контроля: методы электронной спектроскопии.
22. Физико-химические методы контроля: вращательная и колебательная спектроскопия.
23. Спектроскопия магнитного резонанса.
24. Масс-спектроскопия.
25. Методы разделения: газовая и жидкостная хроматография.
26. Гомеостаз как свойство сохранения внутренних параметров системы.
27. Биомониторинг – процесс отслеживания изменений в параметрах биологической системы.
28. Требования, необходимые при сборе информации.
29. Инструменты, используемые при проведении биомониторинга.
30. Биоиндикаторы и биомаркеры.
31. Изменение параметров тестового организма во времени при взаимодействии с повреждающим агентом.
32. Применение биоиндикаторов и биомаркеров при интегральной оценке здоровья человека.
33. Влияние неблагоприятных внешних факторов на здоровье человека.
34. Контроль, оценка, прогноз и управление ответными реакциями организма человека.
35. Индикаторы медико-экологического благополучия населения.
36. Мониторинг и экспресс-оценка функциональных систем организма человека в экологически неблагоприятной среде.

37. Статистический анализ заболеваемости населения.
38. Организационные принципы экологической диагностики. Система наблюдения и контроля за изменением состояния природной среды и локальными источниками воздействия.
39. Системы организации экологического мониторинга. Единая государственная система экологического мониторинга.
40. Физическая сущность и методы дистанционного зондирования Земли.
41. Принципы тематического картографирования.
42. Использование данных дистанционного зондирования в географических информационных системах.
43. Принципы дешифрирования аэрокосмических снимков.
44. Методология построения экспертных систем.
45. Архитектура экспертных систем.
46. Использование баз данных в экологическом мониторинге.
47. Системный подход в разработке математических моделей экосистем.
48. Основные принципы математического моделирования экологических систем.
49. Имитационные и аналитические модели.
50. Балансовые модели.
51. Идентификация и верификация, как способы проверки достоверности результатов моделирования.
52. Моделирование динамики развития экосистем на основе дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений.
53. Классификация объектов экологической диагностики по видам природопользования и по степени экологической опасности.
54. Классификация антропогенных процессов по типу обмена веществом и энергией со средой.
55. Урбанизированные территории. Городской каркас. Концепции оценки и диагностики городских объектов.
56. Промышленный каркас. Зоны повышенной техногенной нагрузки (промышленные зоны). Оценка экологической опасности технологий.
57. Экологический каркас. Природные объекты и территории.
58. Внутренние жилые и производственные помещения. Опасные и вредные факторы.
59. Основные контролируемые параметры при оценке экологической безопасности внутренних помещений.

Перечень рефератов и курсовых работ

1. Характер и масштабы стационарных и аварийных химических выбросов.
2. Крупномасштабные стационарные выбросы и специфика их воздействия на человека и окружающую среду.
3. Городское зеленое строительство, как биологический способ защиты окружающей среды от промышленных загрязнений.
4. Гигиеническое нормирование воздействия факторов ОС на здоровье населения.
5. Экономические способы регулирования природопользования: платежи за вредные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.
6. Экологизация химической и нефтегазовой промышленности.
7. Экологизация традиционной энергетики. Возобновляемые источники энергии.
8. Экологическая безопасность транспорта. Альтернативные виды топлива.
9. Прогноз экологических катастроф природного характера в 21 веке.
10. Причинно-следственный метод в прогнозе техногенных катастроф.
11. Последствия для организмов химического загрязнения биосфера.

12. Современная ландшафтная структура исследуемой территории и естественные тенденции развития.
13. Матричный метод оценки воздействия на окружающую среду. Нормативная основа ОВОС в РФ.
14. Инженерно-экологические изыскания для обоснования проектной документации.
15. Оценка техногенного фона, как фактора, лимитирующего планируемую техногенную нагрузку.
16. Оценка состояния растительного и животного мира (для ООПТ).
17. Урбанизация, как фактор ограничения при размещении планируемого объекта.
18. Действующие технологические нормативы использования сырья и природных ресурсов.
19. Экологические особенности проектирования и реконструкции транспортных магистралей в мегаполисе.
20. Способы повышения устойчивости человека к неблагоприятным влияниям среды.
21. Компенсация и предотвращение наследственных поражений жизненно важных систем организма.
22. Натуропатические методы оздоровления: гипоксическая стимуляция неспецифической резистентности организма, фитотерапия, гомеопатия, иглорефлексотерапия, энтеросорбция, мануальная терапия, психосоматическая терапия, магнитотерапия и т.д. (по выбору студента).
23. Загрязнение и мониторинг подземных вод.
24. Факторы, влияющие на формирование фонового загрязнения окружающей среды.
25. Методы мониторинга сейсмической активности.
26. Методы мониторинга лавиноопасных территорий.
27. Технические средства, используемые в дистанционном мониторинге.
28. Приборы, используемые для экспресс-диагностики качества окружающей среды.
29. Использование высших растений в качестве биоиндикаторов.
30. Перспективы развития системы экологического мониторинга в различных регионах России.
31. Особенности структуры экологического мониторинга в развитых капиталистических странах.
32. Актуальные экспериментальные и теоретические вопросы экологической информатики.
33. Языки программирования, алгоритмы обработки информации; способы ее хранения и представления.
34. Понятие о компьютерной химии и нанотехнологиях в экологии.
35. Долгосрочные эффекты опасных воздействий.
36. Основоположники математического моделирования в экологии.

Состав лабораторного практикума

1. Оценка экологического риска от систематического загрязнения атмосферы в исследуемом регионе.
2. Определение суперэкотоксикантов методом хромато-масс-спектрометрии (расшифровка спектров).
3. Пробоподготовка и химический анализ. Подготовка проб воды, снега, почвы для проведения химического анализа на присутствие отрицательных и положительных ионов.
4. Определение концентрации тяжелых металлов в воде, почве, пищевых продуктах с применением жидкостного анализатора «Флюорат».
5. Строение, свойства и экологические особенности диоксинов как суперэкотоксикантов.
6. Изучение строения, свойств и экологических особенностей ПАУ.
7. Измерение концентрации ионов натрия в водных экстрактах пищевых продуктах.
8. Измерение концентрации хлорид и нитрат-ионов в водных экстрактах пищевых продуктах.

9. Спектрофотометрический анализ растительных флавоноидов на примере экстрактов свеклы.
10. Измерение фоновой радиоактивности.
11. Составление базы данных по результатам исследований выбросов автотранспорта.
12. Влияние водяных паров и аэрозолей на точность лазерного и ультразвукового профилирования.
13. Анализ инфракрасного изображения объектов окружающей среды.
14. Кондуктометрическое определение концентрации солей в воде.
15. Биотестирование человека. Изучение функциональных особенностей организма человека и его реакций на вредные воздействия окружающей среды с помощью метода электропунктурной диагностики.
16. Биотестирование человека. Изучение с помощью полярографических методов содержание кислорода в коже человека (транскутанное измерение кислорода).
17. Биотестирование микроорганизмов. Изучение влияния тяжелых металлов на функционирование лактобактерий по скорости закисления молока в их присутствии.
18. Биоиндикация солнечной активности по ширине древесных колец.
19. Компьютерные методы обработки графической информации. Интерактивная векторизация по «подложке».
20. Расчет выбросов, распределения полей приземных концентраций и санитарно-защитной зоны для городского предприятия с помощью компьютерного комплекса «Модульный экорасчет» и «Призма-предприятие».
21. Построение ситуационного плана промышленной городской территории с помощью компьютерной программы «AutoCad».
22. Экспорт результатов расчетов «Призма-предприятие» на ситуационный план.
23. Моделирование воздействия кислотных дождей и сернистого газа на лесной биогеоценоз.
24. Моделирование воздействия выбросов предприятий цветной металлургии на лесной биогеоценоз.

Методические рекомендации для студентов

Курс предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре на следующих специальностях направления 511100 «Экология и природопользование»: 511112 «Экологический мониторинг», 511117 «Математическое моделирование экосистем», 511114 «Экология человека», 511115 «Общая экология», 511119 «Экологическая оценка и экспертиза проектов», 511404 «Экологическое картографирование», 511118 «Урбоэкология», 511117 «Экологическая безопасность». Для указанных специальностей предлагаемый учебный курс является специальной дисциплиной, изучаемой студентами по выбору. Для специальности 511112 «Экологический мониторинг» дисциплина является обязательной. По своей структуре курс является теоретико-практическим (ТП). Поскольку включает одинаковое количество лекционных часов и практических занятий.

Промежуточный контроль проводится в форме тестов после окончания изучения темы, указанной в тематическом плане. Контрольные задания выполняются студентами на зачетных занятиях (коллоквиумах). На выполнение тестовых заданий отводится 1 час аудиторного времени. Всего в тесте может содержаться от 10 до 20 вопросов в зависимости от сложности пройденного материала и от формы тестов. Система тестирования предполагает неизвестное количество правильных ответов из общего количества вариантов.

Перед проведением тестирования один час зачетного занятия отводится для устного обсуждения трудных вопросов пройденных тем. Студенты имеют право задавать вопросы по прослушанным лекциям и отработанным лабораторным и практическим занятиям. Преподаватель также имеет право задавать вопросы из пройденного курса.

Два занятия (4 аудиторных часа) отводится в конце каждого семестра для защиты рефератов или курсовых работ. Вид выполняемой учебной нагрузки утверждается учебным планом. Каждый студент выполняет данную работу самостоятельно в течение семестра.

Работа над рефератом предполагает самостоятельное изучение студентом материала, не включенного в основной курс и являющегося дополнительным. Работа над рефератом предполагает анализ литературного и фактического материала по заданной теме с последующим оформлением текстового материала и электронной презентации. На зачетном занятии студент обязан сделать устный доклад, рассчитанный примерно на 10 минут, сделать выводы по работе и ответить на вопросы. В случае выполнения студентом экспериментальных исследований по заданной теме работа может засчитываться как курсовая.

Рубежный контроль предполагает автоматический набор баллов в соответствии с предлагаемой бально-рейтинговой системой. По желанию студента или в случае неудовлетворительных результатов студенты сдают экзамен в конце каждого семестра (курс рассчитан на изучение материала в двух семестрах).

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ КУРСА

Аннотация курса «Современные принципы экологической диагностики состояния природно-антропогенных систем»

Предметом экологической диагностики является изучение причин и масштаба изменений экосистемы под воздействием природных и антропогенных факторов (процессов). Теоретические и практические материалы представляют собой учебный комплекс по курсу: «Современные принципы экологической диагностики состояния природно-антропогенных систем» (направление 511100 «Экология и природопользование») и предназначены для студентов экологических факультетов.

В учебно-методическом комплексе на базе фундаментальных знаний, полученных студентами по физике, химии, биологии, математике, общей, и инженерной экологии, а также экологии человека, рассмотрены проблемы современной экологической диагностики. Учебный курс состоит из семи тематических разделов, объединенных одной общей целью, которая будет рассмотрена далее.

В курсе рассматриваются теоретические основы и методология экологической диагностики природно-антропогенных систем, дается подробная классификация техногенных источников загрязнения окружающей среды, подробно анализируются современные методы контроля и экологического мониторинга состояния объектов окружающей среды с учетом фоновых концентрации и воздействий загрязнений. Особое внимание уделяется изучению современных методов мониторинга живых систем – биоиндикации и биотестированию. Определение концентраций загрязнителей в окружающей среде и интенсивности действия физических и химических факторов часто бывает недостаточно для выявления потенциальной опасности для человека и биосфера в целом, поэтому использование биоиндикаторов предоставляет возможность прогнозирования такого воздействия.

Программа курса предусматривает обзор системы стандартов и нормативов качества окружающей среды, а также нормативов вредных выбросов, сбросов и токсичных отходов. Большое внимание уделяется изучению технологий экологического мониторинга как основного инструмента экологической диагностики. С этой целью в программе курса предусмотрено изучение систем организации экологического мониторинга, а также автоматизированных систем контроля, сбора и передачи данных. В качестве основных методов сбора, обработки и представления данных рассмотрены методы экологического картографирования и ГИС-технологии.

Инновационным является подход к организации и проведению экологической диагностики природно-антропогенных систем с учетом классификации территорий по уровням техногенной нагрузки и

уровням риска – урбанизированных территорий, промышленных зон, природных экосистем и внутренней среды помещений. Особое внимание в учебном курсе уделяется проблемам и особенностям экологической диагностики зон чрезвычайных ситуаций, стихийных и экологических бедствий, рассматриваются современные критерии оценки экологической обстановки территорий и выявления опасных зон.

Предложен новый подход к применению методов численного анализа и математического моделирования к разработке баз данных и экспертных систем с целью дальнейшего прогнозирования последствий воздействия техногенных факторов на различные экосистемы, в том числе и природные биогеоценозы.

Цели и задачи курса

Цель курса – разработка комплексного подхода в исследовании возможностей и методов выявления источника, характера и уровня оказываемого антропогенного воздействия на различные экосистемы, анализ и прогнозирование возможных последствий для окружающей среды и человека.

Задачи курса. Формирование у студентов теоретической базы знаний , а также развитие практических навыков и умений в следующих областях:

1. Организации и проведения экологического мониторинга объектов диагностирования.
2. Проведении оценки фонового загрязнения объекта.
3. Комплексной оценки воздействия антропогенных факторов на объект диагностирования.
4. Разработки и применения нормативов загрязнений и стандартов качества ОС и продукции с учетом фоновых загрязнений.
5. Оценки возможных рисков.
6. Моделировании и прогнозировании возможных последствий.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся в магистратуре на следующих специальностях следующих специальностей направления 511100 «Экология и природопользование»: 511112 «Экологический мониторинг», 511117 «Математическое моделирование экосистем», 511114 «Экология человека», 511115 «Общая экология», 511119 «Экологическая оценка и экспертиза проектов», 511404 «Экологическое картографирование», 511118 «Урбоэкология», 511117 «Экологическая безопасность». Для указанных специальностей предлагаемый учебный курс является специальной дисциплиной, изучаемой студентами по выбору. Для специальности 511112 «Экологический мониторинг» дисциплина является обязательной. По своей структуре курс является теоретико-практическим (ТП). Поскольку включает одинаковое количество лекционных часов и практических занятий.

Инновационность курса

Предлагаемый курс может считаться инновационным по методике преподавания и содержанию курса, поскольку включает последние научные данные в области экологического мониторинга и контроля, моделирования экологической ситуации и прогнозирования последствий различных видов антропогенного воздействия; предполагает комплексный подход, заключающийся в разработке единой системы экологической диагностики, выборе методов контроля и анализа, а также разработке баз данных и экспертных систем на их основе.

Структура курса

Таблица 1

№№	Наименование разделов и тем лекций	Количество часов	Количество кредитов
Тема1	Основные принципы экологической диагностики	3	4
Лекция 1	Основные понятия, объекты, цели и задачи экологической диагностики	2	
Лекция 2,3	Естественные и антропогенные системы, покомпонентная оценка	4	
Тема 2	Методология экологической диагностики природно-антропогенных систем	12	
Лекция 4,5	Классификация источников и видов антропогенного воздействия	4	
Лекция 6,7	Классификация эколого-аналитического мониторинга	4	
Лекция 8	Оценка степени загрязненности дипонирующих и транзитных сред	2	
Лекция 9	Оценка фонового состояния компонентов окружающей среды	2	
Тема 3	Современные методы контроля и диагностики состояния природно-антропогенных систем	12	
Лекции 10,11,12	Химико-аналитические методы контроля состояния природно-антропогенных систем	6	
Лекции 13,14,15	Физико-химические и спектральные оптические методы диагностики состояния объектов природно-антропогенных систем	6	
Тема 4	Биологические и медико-экологические методы диагностики	10	
Лекции 16,17,18	Биологические методы экологического мониторинга	6	
Лекции 19,20	Медико-экологический мониторинг	4	
Тема 5	Организационные и информационные технологии экологической диагностики	20	
Лекция 21	Организационные принципы экологической диагностики природно-антропогенных систем	2	
Лекция 22,23	Экологическое картографирование как основной способ отражения и передачи информации о состоянии природно-антропогенных систем	4	
Лекция 24,25	Возможности решения задач экологической диагностики с помощью геоинформационных (ГИС) технологий	4	
Лекция 26	Дистанционные методы контроля (ДМК) состояния ОС	2	
Лекция	Программное обеспечение экологической диагностики	4	

27,28			
Лекция 29,30	Разработка и архитектура экспертных систем управления качеством окружающей среды. Базы данных	4	
Тема 6	Математическое моделирование экологических процессов	6	
Лекция 31	Системный подход и основные принципы в разработке моделей экосистем	2	
Лекция 32	Имитационные, аналитические и балансовые модели	2	
Лекция 33	Моделирование динамики развития экосистем	2	
Тема 7	Особенности экологической диагностики городских экосистем	6	
Лекция 34,35	Классификация объектов и методы диагностики урбанизированных территорий	4	
Лекция 36	Оценка техногенного воздействия городских промышленных производств, работающих в штатном режиме	2	
Итого лекций:		72	4

Таблица 2

№№	Название лабораторных и практических работ	Количество часов	Количество кредитов
1	Оценка экологического риска от систематического загрязнения атмосферы в исследуемом регионе	2	
2	Определение суперэкотоксикантов методом хромато-масс-спектрометрии (расшифровка спектров)	2	
3	Пробоподготовка и химический анализ. Подготовка проб воды, снега, почвы для проведения химического анализа на присутствие отрицательных и положительных ионов.	2	
4	Определение концентрации тяжелых металлов в воде, почве, пищевых продуктах с применением жидкостного анализатора «Флюорат»	2	
5	Строение, свойства и экологические особенности диоксинов как суперэкотоксикантов.	2	
6	Изучение строения, свойств и экологических особенностей ПАУ	2	
7	Измерение концентрации ионов натрия в водных экстрактах пищевых продуктах	2	
8	Измерение концентрации хлорид и нитрат- ионов в водных экстрактах пищевых продуктах	2	
9	Спектрофотометрический анализ растительных флавоноидов на примере экстрактов свеклы	2	
10	Измерение фоновой радиоактивности.	2	
11	Составление базы данных по результатам исследований выбросов автотранспорта.	2	

12	Влияние водяных паров и аэрозолей на точность лазерного и ультразвукового профилирования	2	
13	Анализ инфракрасного изображения объектов окружающей среды	2	
14	Кондуктометрическое определение концентрации солей в воде.	2	
15	Биотестирование человека. Изучение функциональных особенностей организма человека и его реакций на вредные воздействия окружающей среды с помощью метода электропунктурной диагностики	4	
16	Биотестирование человека. Изучение с помощью полярографических методов содержание кислорода в коже человека (транскутанное измерение кислорода)	2	
17	Биотестирование микроорганизмов. Изучение влияния тяжелых металлов на функционирование лактобактерий по скорости закисления молока в их присутствии.	4	
18	Биоиндикация солнечной активности по ширине древесных колец	2	
19	Компьютерные методы обработки графической информации. Интерактивная векторизация по «подложке»	2	
20	Расчет выбросов, распределения полей приземных концентраций и санитарно-защитной зоны для городского предприятия с помощью компьютерного комплекса «Модульный экорасчет» и «Призма-предприятие»	4	
21	Построение ситуационного плана промышленной городской территории с помощью компьютерной программы «AutoCad»	4	
22	Экспорт результатов расчетов «Призма-предприятие» на ситуационный план.	2	
23	Моделирование воздействия кислотных дождей и сернистого газа на лесной биогеоценоз	2	
24	Моделирование воздействия выбросов предприятий цветной металлургии на лесной биогеоценоз	2	
Итого лабораторных и практических работ		56	

Таблица 3

№№	Коллоквиумы*, зачетные занятия и защиты рефератов**	Количество часов	Количество кредитов
1	Коллоквиум по темам №№ 1, 2	2	
2	Коллоквиум по теме № 3, 4	2	
3	Коллоквиум по темам №№ 5, 6	2	
4	Коллоквиум по теме № 7	2	
5	Защита рефератов, 1 семестр	4	
6	Защита рефератов, 2 семестр	4	
Итого зачетных занятий		16	

Примечание: * - Названия тем коллоквиумов совпадают с названиями тем курса и представлены в табл. 1 ** - Темы рефератов и курсовых работ представлены в Программе курса, работы выполняется самостоятельно в течение семестра, объем нагрузки составляет примерно 1/3 часть от общего объема курса за семестр

Описание системы контроля знаний

а) Общие правила выполнения контрольных заданий.

Промежуточный контроль проводится в форме тестов после окончания изучения темы, указанной в тематическом плане. Контрольные задания выполняются студентами на зачетных занятиях (коллоквиумах). На выполнение тестовых заданий отводится 1 час аудиторного времени. Всего в тесте может содержаться от 10 до 20 вопросов в зависимости от сложности пройденного материала и от формы тестов. Система тестирования предполагает неизвестное количество правильных ответов из общего количества вариантов.

Перед проведением тестирования один час зачетного занятия отводится для устного обсуждения трудных вопросов пройденных тем. Студенты имеют право задавать вопросы по прослушанным лекциям и отработанным лабораторным и практическим занятиям. Преподаватель также имеет право задавать вопросы из пройденного курса.

Два занятия (4 аудиторных часа) отводятся в конце каждого семестра для защиты рефератов или курсовых работ. Каждый студент выполняет данную работу самостоятельно в течение семестра.

Рубежный контроль предполагает автоматический набор баллов в соответствии с предлагаемой бально-рейтинговой системой. По желанию студента или в случае неудовлетворительных результатов студенты сдают экзамен в конце каждого семестра (курс рассчитан на изучение материала в двух семестрах).

б) Примерные типы тестовых заданий.

1. Какой из перечисленных принципов относятся к принципам естественной устойчивости биосфера:

- а. Круговорот веществ;
- б. Пирамида энергии;
- в. Многообразие трофических цепей;
- г. Стабильность численности популяций;
- д. Приспособленность видов;
- е. Закон сохранения энергии.

2. Какие из перечисленных факторов не относятся к факторам техногенного воздействия:

- а. изъятие природных ресурсов;
- б. природо-преобразовательная деятельность;
- в. накопление в природной среде продуктов жизнедеятельности животных организмов, микроорганизмов и бактерий;
- г. размещение отходов добычи, переработки и использования природного сырья, а также продуктов промышленности и с/х;
- д. воздействие физических факторов;

3. По каким принципам не проводится классификация загрязнений окружающей среды:

- а. по физико-химическим параметрам
- б. по воздействию на компоненты ОС

в. по внешним отличительным признакам

г. по токсичности

д. по тепло и электропроводности

е. по количеству загрязнений

4. Медико-экологический мониторинг это:

а. система долгосрочных исследований, оценки, контроля, прогноза состояния и изменения взаимодействий, а также взаимобусловленностей факторов окружающей среды (климатических, гидрологических, геологических, и др.) и показателей количества и качества здоровья человека;

б. система динамических наблюдений за показателями заболеваемости населения региона, обусловленной экологически неблагоприятными условиями среды обитания;

в. система динамической оценки реакций функциональных систем организма на неблагоприятные климато-географические и другие факторы среды обитания;

г. мониторинг демографических показателей в зависимости от факторов среды, экономических и социальных условий населения.

д. количественная и качественная оценка влияния факторов загрязнения окружающей природной среды на здоровье людей.

5. Факторы определяющие и формирующие норму здоровья:

а.биологические свойства организма (наследственность, конституция, этнос, экопортрет);

б. социальная среда (структура населения, качество жизни);

в.природная среда (ландшафт, флора, фауна, климато-географические условия);

г. политические взгляды;

д. религиозные убеждения;

6. Наиболее удобным объектом исследования для медико-экологического мониторинга являются:

а. все население региона;

б. взрослое население (с 15 лет);

в. дети, т.к. их организм реагирует на более низкие концентрации токсических веществ и они практически не покидают зону проживания;

г. люди пенсионного возраста, как наиболее чувствительные к экстремальным факторам среды обитания.

в) Шкала оценок, итоговые оценки (методика выставления)

Шкала оценок, итоговые оценки (методика выставления) Оценки выставляются в течение семестра в виде баллов по следующей системе:

Таблица 4

Вид нагрузки	Стоимость одного занятия в баллах	Количество занятий	Общая сумма баллов
Лекции (при наличии конспекта)	2	19	38
Практические и лабораторные занятия (при условии своевременной сдачи)	3	14	42
Коллоквиумы	5	2	10
Реферат или курсовая работа	10	1	10
Итого (максимально возможный балл)			100

г) Академическая этика, соблюдение авторских прав

Все авторские материалы (включая видеоматериалы, фотографии, схемы), которые будут использованы в тексте учебного пособия, будут отображены в виде ссылок и представлены в списке литературы в конце пособия.

ПРОГРАММА КУРСА

«Современные принципы экологической диагностики состояния природно-антропогенных систем»

Лекция №1 (2 часа)

Основные понятия. Цели и задачи экологической диагностики. Объекты экологической диагностики. Естественные и антропогенные экосистемы. Непосредственные источники техногенного загрязнения природно-антропогенных систем. Компоненты природно-антропогенных систем (атмосфера, гидросфера, почвы, геологическая среда, флора и фауна, человек). Социоприродные экосистемы. Состояние человека, как отражение состояния экосистемы. Агроэкосистемы. Городские и промышленные экосистемы. История становления и развития научных основ экологической диагностики.

Лекция № 2,3 Классификация источников и видов антропогенного воздействия (4 часа)

Принципы естественного устройства биосфера. Факторы антропогенного воздействия, приводящие к нарушению экосистемы. Схема ресурсного цикла. Типы классификаций загрязнений окружающей среды. Основные источники техногенного загрязнения окружающей среды. Естественные и антропогенные источники. Стационарные и передвижные источники загрязнений. Специфические особенности промышленных выбросов, сбросов и образующихся твердых промышленных отходов (ТПО).

Выбросы в атмосферу. Классификация газо-воздушных выбросов. Специфичность промышленных выбросов. Автотранспорт. Экологические особенности образования продуктов неполного сгорания углеводородного топлива.

Сточные воды. Показатели ухудшения качества природной воды. Классификация вредных примесей в промышленных стоках. Виды и особенности промышленного загрязнения стоков. Химические примеси. Специфические особенности образования примесей в городских стоках. Бактериологические виды загрязнений.

Твердые промышленные и бытовые отходы (ТПБО). Примерный состав и особенности образования городских ТБО в зависимости от экономико-географических факторов. Экологические особенности утилизации ТБО: производственного сжигания, захоронения на полигонах. Экотоксиканты и микрозагрязнения. Полиароматические углеводороды (ПАУ), диоксины.

Физические (энергетические) виды загрязнения. Шум. Вибрация. Электромагнитное излучение. Радиоактивное загрязнение.

Лекция №4. Классификация эколого-аналитического мониторинга (2 часа)

Экологический мониторинг, как основной метод диагностики состояния окружающей среды. Классификация экологического мониторинга по факторам и источникам воздействия. Ингредиентный мониторинг (мониторинг загрязнителей). Мониторинг источников загрязнителей: точечных стационарных, точечных подвижных, площадных. Классификация мониторинга природной среды по уровням: глобальный, региональный, локальный. Организация единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Трансграничный мониторинг. История становления мониторинга

Лекция № 5. Критерии экологической опасности загрязнителей. Экологическое нормирование (2 часа)

Современный подход к ограничению загрязнения природной среды. Санитарно-гигиенические требования. Нормирование предельных выбросов и сбросов. Эколого-экономический оптимум. Всесторонний контроль параметров состояния природной среды. Нормативы качества природной среды: ПДК – важнейший стандарт качества природной среды; ПДВ – предельно допустимый выброс; ПДС – предельно

допустимый сброс; ВСВ – временно согласованные выбросы; ВСС – временно согласованные сбросы; ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия. Современные принципы экологического нормирования. Критерии экологической опасности загрязнителей: концентрация, распространенность, устойчивость, способность к трансформации в процессе метаболизма, токсичность, способность к миграции, биоаккумуляция и персистентность загрязнителей. Приоритетный список загрязняющих веществ в природных средах.

Лекция №6. Особенности проведения покомпонентного мониторинга загрязнителей окружающей среды (2 часа)

Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах, зданиях, производственных помещениях. Оценка степени опасности загрязнения поверхностных, грунтовых вод и донных отложений химическими соединениями. Оценка степени опасности загрязнения почв и грунтов экотоксикантами. Анализ и оценка качественного состояния земель с учетом воздействия природных и антропогенных факторов. Оценка качественного состояния компонентов биосферы (флоры, фауны, человека). Оценка качества и безопасности пищевых продуктов.

Лекция №7. Оценка фонового состояния компонентов окружающей среды (2 часа)

Понятие фоновой концентрации. Организация фонового мониторинга атмосферного воздуха. Фоновый мониторинг поверхностных вод суши и морских вод. Фоновый мониторинг природных вод. Фоновый мониторинг почв. Понятие естественного радиоактивного фона. Контроль радиоактивного фона почв.

Лекция № 8. Выбор метода анализа и приборного обеспечения (2 часа)

Системный подход к выбору метода и методики анализа. Схема выбора метода анализа. Информация об объекте анализа. Информация о методах анализа. Предел обнаружения. Предел определения. Чувствительность метода. Оценка эффективности метода анализа (селективность, специфичность). Целевой анализ. Обзорный анализ. Приборное обеспечение (подвижные эколого-аналитические комплексы, стационарные лаборатории)

Лекции № 9, 10 Химико-аналитические методы контроля состояния природно-антропогенных систем (4 часа)

Особенности экологического воздействия некоторых химических загрязнителей на компоненты ОС и человека. Стойкие органические загрязнители (СОЗ): фенолы и их производные, фталаты, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорбензолы и хлорпарафины, хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы, диоксины и дибензофураны, органические соединения олова, свинца, ртути. Ионы тяжелых металлов. Нефть и продукты ее переработки. Макрозагрязнения: оксиды азота, диоксид серы, оксиды углерода. Аккумулирование и миграция экотоксикантов в объектах окружающей среды.

Процедуры и операции технологического цикла химико-аналитического контроля загрязнения ОС. Выбор места контроля загрязнения и отбора проб. Способы отбора проб воздуха, воды и почвы, применяемые в мониторинге окружающей среды. Критерии выбора оптимального способа отбора проб. Оборудование, применяемое для отбора проб воздуха, воды и почвы. Пробоподготовка, Способы проведения: химические методы (осаждение, комплексообразование, изменение степени окисления, экстракция, перегонка), изменение агрегатного состояния, озоление. Оборудование, применяемое для проведения пробоподготовки.

Характеристика химико-аналитических средств контроля различных компонентов окружающей среды. Идентификация экотоксикантов. Методы качественного экспресс-анализа. Анализ катионов и анионов. Полуколичественные методы. Титрование. Колориметрия. Метод сравнения со стандартом. Метод калибровочного графика. Метод добавок. Количественный анализ. Газовая, жидкостная и тонкослойная хроматография. Обработка и оценка результатов контроля. Статистические методы оценки погрешностей при проведении химического анализа.

Лекции № 11, 12, 13 Физико-химические и спектральные оптические методы диагностики состояния объектов природно-антропогенных систем (6 часов)

Энергетическая структура атомов и молекул. Переходы между энергетическими уровнями Атомные и молекулярные спектры. Их структура. Методы сравнения и расшифровки спектров. Классификация спектральных оптических методов и приборов.

Атомно-спектроскопические методы: эмиссионная, абсорбционная спектроскопия. Молекулярно-спектроскопические методы: радио-, ИК- и УФ-спектроскопии, флуоресцентная спектроскопия. Физические основы, возможности и области практического применения.

Оптические методы: фотометрия и спектрофотометрия, спектрофотометрия пламени. Интерференционные методы. Фурье-спектроскопия. Рентгено-флуоресцентная спектроскопия. Анализ по спектрам комбинационного рассеяния света.

Масс-спектрометрические методы. Хромато-масс-спектрометрия. Электрохимические методы: кондуктометрия, кулонометрия, потенциометрия, полярография, электрофорез, электрографиметрия. Современные возможности и перспективы развития физико-химических методов.

Ядерно-физические методы. Активационный анализ. Ядерный магнитный резонанс.

Лекция № 14, 15, 16 Биологические методы экологического мониторинга (6 часа)

Особенности воздействия химических загрязнителей на живые организмы: биогенные элементы; ксенобиотики.

Научные основы биоиндикации.. Уровни организации биологических систем: доклеточный уровень; клеточный уровень; тканевой уровень; органный уровень; функциональная система органов; организменный уровень; популяция; биоценоз; биогеоценоз; биосфера.

Динамика биологических систем: гомеостаз, автоколебания, стационарные состояния.

Виды биоиндикаторов: бактериальные сообщества; многоклеточные организмы (фитобиоиндикаторы, животные биоиндикаторы, человек как объект биоиндикации).

Методы биоиндикации. Изучение видового разнообразия: индексы видового разнообразия, ранговое распределение видов, модель разломанного стержня, модель геометрических рядов, гиперболическая модель, методы выбора модели, определение параметров моделей. Популяционные методы: фитологическое картирование, изучение почв. Биоаккумуляция и изучение содержания загрязнителей в организмах. Изучение морфологических признаков: популяционные исследования (обнаружение фенодивиантов, обнаружение асимметрии организмов); исследования индивидуальных организмов (патологоанатомические исследования внутренних органов, гистологическое исследование органов и тканей). Генетические исследования: цитологические генетические методы; методы молекулярной генетики. Биофизические методы исследования: биолюминесценция, флуоресценция. Биохимические методы исследования: анализ изомерии терпеноидов; обнаружение суперокси-радикалов. Биоэнергетические методы. Иммунологические методы: бласттрансформация; активность макрофагов; выживаемость колоний кроветворных клеток в селезенке. Токсикологические методы. Эмбриологические методы.

Методы биотестирования. Организмы, используемые для биотестирования. Биотестирование водной среды. Биотестирование почвы. Биотестирование воздуха.

Системы экологического мониторинга и прогнозирования с использованием биоиндикаторов. Организация систем мониторинга биоиндикаторов.

Аппаратура, используемая для биоиндикации. Устройство люминометров. Программное обеспечение.

Лекции № 17, 18 Дистанционные методы контроля состояния ОС (4 часа)

Задачи дистанционного мониторинга. Использование электромагнитного излучения различного диапазона для дистанционного мониторинга окружающей среды. Характеристика электромагнитного

излучения различного диапазона длин волн. Распространение электромагнитных волн в атмосфере. Закон Бугера.

Поглощение и рассеяние электромагнитных волн на загрязнителях атмосферы (газы, аэрозоли и частицы). Радиолокационный мониторинг. Оптический мониторинг. Лазерные методы мониторинга.

Системы дистанционного мониторинга. Основные объекты наблюдения в биосфере. Многофункциональные системы мониторинга. Системы аэрокосмического мониторинга (спутник – самолет – вертолет). Дистанционные системы мониторинга земного и морского базирования.

Лазерные методы дистанционного мониторинга. Принцип работы лазера. Устройство лазера. Классификация лазеров. Особенности оптического когерентного излучения. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Рэлеевское рассеяние. Молекулярное рассеяние. Пропускание атмосферы в диапазоне длин волн 0.5 – 15 мкм. Математический аппарат, методика и алгоритм определения числовой и массовой концентрации аэрозоля по результатам многоволнового лидарного зондирования атмосферы. Основные требования к лазерным системам контроля и их основные характеристики.

Принцип работы прибора для сканирования местности. Технические характеристики лазерного профилирования и сканирования. Преимущества и недостатки лазерных систем дистанционного мониторинга. Перспективы развития лазерных систем экомониторинга.

Лекции № 19 Медико-экологический мониторинг (2 часа)

Влияние неблагоприятных внешних факторов окружающей среды на здоровье человека. Контроль, оценка, прогноз и управление ответными реакциями организма человека на различные воздействия среды. Индикаторы здоровья человека. Мониторинг и экспресс-оценка функциональных систем организма человека в экологически неблагоприятной среде. Мониторинг здоровья населения. Медико-экологические индикаторы ухудшения экологической ситуации в регионе. Статистический анализ заболеваемости населения.

Лекция № 20 Экологическое нормирование качества окружающей среды и продукции (2 часа)

Принципы разработки государственных нормативов качества окружающей природной среды. Концепции экологического нормирования. Санитарно-гигиенические, экологические, производственно-хозяйственные и временные нормативы. Обзор системы нормативов, регламентирующих основные виды природопользования.

Гигиеническое нормирование. Методология гигиенического нормирования. Основные принципы санитарно-гигиенического нормирования химических веществ.

Экологическое нормирование. Алгоритм разработки системы нормативов для конкретной экосистемы с учетом зависимости «доза-эффект». Методы свертывания информации о компонентах экосистем (оптимизация параметров базы данных). Оценка деградации экосистем в условиях техногенного воздействия. Измерение величины техногенной нагрузки и установление зависимости «доза-эффект». Разработка нормативов предельно-допустимой нагрузки (ПДН) для вредных выбросов, сбросов и токсичных отходов. Стандартизация в области охраны ОС. Системы международных стандартов ИСО 9001 и ИСО 14000.

Лекция № 21 Организационные принципы экологической диагностики природно-антропогенных систем (2 часа)

Системы организации экологического мониторинга (глобальный, региональный, локальный). Области наблюдения и исследования. Самолетные средства диагностирования. Космические средства диагностирования. Наземные средства диагностирования. Автоматизированные системы контроля, сбора и передачи данных. Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Цели и задачи ЕГСЭМ. Принципы построения и функционирования ЕГСЭМ.

Лекция № 22 Экологическое картографирование как основной способ отражения и передачи информации о состоянии природно-антропогенных систем (2 часа)

Целевое назначение экологических карт. Инвентаризационные, оценочные, прогнозные, рекомендательные карты. Покомпонентные и комплексные экологические карты и атласы. Этапы

разработки. Источники информации. Технические приемы картографирования: интерполяция, экстраполяция, генерализация. Компьютерное экологическое картографирование.

Лекция 23 Возможности решения задач экологической диагностики с помощью геоинформационных технологий (2 часа)

Функциональные возможности ГИС. Виды архитектуры ГИС – закрытые и открытые системы. Проблема выбора ГИС. Организация информации в ГИС. Основные типы картографической информации.

Электронные карты (ЭК). Особенности создания ЭК. Возможности ЭК и перспективы их развития. ГИС для задач городского хозяйства (на примере г. Москвы). Технологии ГИС в государственном земельном кадастре России. ГИС в экологическом мониторинге. Использование ГИС-технологий для решения экономических и эколого-экономических задач. Применение ГИС-технологий в экологическом туризме. Перспективы использования ГИС-технологий на современном этапе глобализации

Лекция № 24, 25 Программное обеспечение экологической диагностики. Разработка экспертных систем управления качеством окружающей среды (4 часа)

Программное обеспечение экологической диагностики. Компьютерные программы расчета загрязнений атмосферы. Компьютерные программы расчета выбросов загрязняющих веществ. Компьютерные системы управления качеством атмосферного воздуха. Система «Эколог-город». Система «Airviro». Информационные системы мониторинга. Базы данных. Модели представления знаний. Архитектура и особенности экспертных систем. Классификация экспертных систем. Этапы разработки экспертных систем.

Лекция № 26, 27, 28 Разработка экспертных систем управления качеством окружающей среды (6 часов)

Информационные системы мониторинга. Базы данных. Языки представления знаний. Анализ статистических таблиц экологических данных. Управление электронными таблицами данных. Планирование экологического эксперимента и комплекса диагностических методов в экологии. Параметрическая и описательная статистика диагностических данных. Непараметрическая статистика результатов. Анализ компонент дисперсии полученных в экологических исследованиях. Одно-, би- и тримодельные распределение в экологии. Анализ многомерных таблиц экологических данных. Регрессионный анализ экологических экспериментов. Одномерные регрессии: простейший пример в методах обработки данных экологической диагностики.

Методы планирования исследований в экологии. Планирование экологических экспериментов. Планирование экологических наблюдений. Проверка статистических гипотез в методах планирования экологических исследований.

Модели представления знаний. Структурные модели внутренних связей экологических объектов. Прогнозирование временных рядов. Анализ соответствий в экологических исследованиях. Фурье анализ. Автокорреляция результатов экологического мониторинга. Анализ Монте-Карло в моделях экологических систем. Нейронные сети – экспертные системы в управлении экологических систем.

Интеллектуальные системы. Основные факторы, влияющие на целесообразность и эффективность разработки экспертных систем (ЭС). Задачи экспертных систем. Области применения ЭС. Архитектура и особенности экспертных систем. Классы решаемых задач: интерпретация данных, диагностика, мониторинг, проектирование, прогнозирование, обучение, поддержка принятия решения. Классификация экспертных систем. Связь экспертных систем с реальным временем: статические ЭС, квазидинамические ЭС, динамические ЭС. Алгоритм разработки экспертной системы: извлечение знаний, структурирование знаний, формализация знаний, программная реализация, тестирование. Примеры разработки и применения экспертных систем в экологической диагностике.

Лекция № 29, 30, 31 Особенности экологической диагностики природно-антропогенных систем в зависимости от уровня техногенной нагрузки (6 час) Классификация объектов экологического проектирования по видам природопользования. Классификация процессов по типу обмена веществом и энергией со средой. Классификация объектов по степени экологической опасности.

Урбанизированные территории. Городской каркас. Диагностика и оценка воздействия градостроительных объектов; геохимическая оценка источников загрязнения территории городов химическими элементами. Концепции оценки и диагностики городских объектов: город, как центр концентрации вещества и энергии с положительным вещественно-энергетическим балансом; город как мощный источник техногенных загрязнений, включенных в региональные миграционные циклы. Экологическая оценка городов: анализ воздушной среды и городских выбросов; анализ городского водооборота; анализ городских депонирующих сред (снег, почва, растения, донные отложения водоемов). Геохимический спектр загрязнения крупных городов. Геохимические показатели загрязнения городской среды. Суммарный показатель загрязнения городской среды.

Промышленный каркас. Зоны повышенной техногенной нагрузки. Промышленные зоны. Экологическое обоснование выбора способа производства, технологии и размещения. Диагностика и оценка экологической опасности производства и отходов. Показатели экологической опасности производства: индекс экологической опасности производства и коэффициенты токсичности выбросов, сбросов и отходов. Оценка экологической опасности технологий. Удельные показатели: землеемкость, ресурсоемкость, отходность. Природозащитные зоны. Оценка химических и физических факторов воздействия при установлении санитарно-защитных зон предприятий. Экологическая диагностика при проектировании объектов экологической реабилитации: предприятий по переработке ТПБО, полигонов и хвостохранилищ.

Экологический каркас. Природоохранные объекты. Слабоизмененные наземные природные и водные комплексы (парки, лесопарки, рекреационные комплексы, неосвоенные территории, агрокомплексы, водохранилища). Природные объекты и территории (заказники, заповедники, лесные массивы). Закон растворения системы в чуждой среде. Эффект инсуляризации. «Фаунистический коллапс». Оценка (критерии) вероятности вымирания популяции из-за генетических изменений. Эффективная численность популяции, продолжительность существования популяции. Буферные зоны и экологические коридоры. Форма и характер границ ООПТ.

Внутренние жилые и производственные помещения. Особенности экологического проектирования производственных и жилых помещений. Опасные и вредные факторы: физические, химические, биологические, психофизиологические. Классификация вредных веществ в воздухе рабочей зоны: общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию человека. Методы диагностирования. Основные контролируемые параметры микроклимата в производственных помещениях: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Системы контроля параметров внутренней среды помещений. Современные экологически чистые жилые помещения: «Экодом», «Экофлэт». Системы жизнеобеспечения и контроля.

Лекция № 32

Экологическая диагностика в оценке рисков техногенного загрязнения для опасных производств, работающих в штатном режиме (2 часа)

Процедура анализа риска для региона. Идентификация опасности. Сбор и анализ данных обо всех источниках загрязнения (от постоянных выбросов и сбросов от стационарных источников). Выявление и определение вредных факторов. Определение путей возможного воздействия. Выбор приоритетных загрязнителей. Оценка действующих доз. Алгоритм установления количественной зависимости между концентрациями, дозой (экспозицией) выбранных веществ и вызываемыми вредными эффектами у реципиентов. Характеристика риска. Алгоритм оценки риска для здоровья человека. Оценка неопределенностей.

Лекция № 33, 34

Задачи экологической диагностики при выявлении зон чрезвычайных ситуаций и экологических бедствий (4 часа) Понятия зоны чрезвычайной экологической ситуации и зоны экологического бедствия. Системный подход к классификации территорий. Комплексная оценка экологической обстановки территории.

Экологическая оценка изменения среды обитания и состояния здоровья населения урбанизированных территорий. Критерии и показатели загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, вод и почв). Медико-экологические критерии состояния здоровья населения. Показатели, характеризующие состояние участка территории. Основные и дополнительные показатели здоровья населения. Экологическая оценка изменения природной среды и состояния естественных экологических систем. Критерии оценки изменения природной среды. Загрязнение воздушной среды. Загрязнение водных объектов, истощения водных ресурсов и деградации водных экосистем. Загрязнение подземных вод. Загрязнение и деградация почв. Изменения геологической среды. Деградация наземных экосистем. Программа неотложных мер по выходу из экологического кризиса.

Лекция № 35, 36

Возможности математического моделирования в прогнозировании динамических процессов в экосистемах (4 часа)

Системный подход в разработке математических моделей экосистем. Этапы системного анализа. Объекты системного анализа. Формы описания системы. Математическое описание системы. Модель черного ящика. Возможности математического моделирования. Требования к математической модели. Требования к эмпирическим параметрам. Достоверность эмпирических данных. Оптимизация параметров. Фазовые координаты системы. Модели динамических процессов. Балансовые модели. Имитационные и аналитические модели. Идентификация и верификация как способы проверки достоверности результатов моделирования. Условия и возможности применения имитационных моделей для прогнозирования последствий техногенного воздействия. Цели имитационного моделирования. Формальное описание объекта моделирования сложной системы: типы формализации. Содержательное описание объекта моделирования:

совокупность экспериментальных данных о структуре и характере функционирования системы; информация о внешних воздействиях и параметрах окружающей среды.

Моделирование динамики развития экосистем на основе дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений. Модели геохимических циклов. Модели продукционного процесса.

Описание бально-рейтинговой системы

Оценки выставляются в течение семестра в виде баллов по следующей системе:

Вид нагрузки	Стоимость одного занятия в баллах	Количество занятий	Общая сумма баллов
Лекции (при наличии конспекта)	2	19	38
Практические и лабораторные занятия (при условии своевременной сдачи)	3	14	42
Коллоквиумы	5	2	10
Реферат или курсовая работа	10	1	10
Итого (максимально возможный балл)			100

Сведения об авторах курса

Зволинский Валентин Петрович

Заведующий кафедрой экологического мониторинга и прогнозирования, профессор, д.х.н.
Тел.: (495)958-02-78, 8(915)438-78-42, e-mail: vzvolinski@eco.pfu.edu.ru

Харламова Марианна Дмитриевна

Доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, к.х.н.
Тел.: (495)411-92-68, 8(909)990-12-96, e-mail: mariannach@mail.ru

Курбатова Анна Игоревна

Доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, к.б.н.
Тел.: (495)911-51-94, 8(962)939-43-47 e-mail: kurbatova_anna@netman.ru

Богуславский Леонид Исаакович

Профессор кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, д.х.н.
Тел.: (495)126-11-81, 8(917)535-56-45 e-mail: lbogusla@mindspring.com

Годик Вячеслав Александрович

Профессор кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, д.ф.-м.н.
Тел.: (495)330-80-05, e-mail: va_godik@mail.ru

Сидоров Евгений Петрович

Доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, к.м.н.
Тел.: (495)678-63-57, 8(915)480-30-73 e-mail: sidorov@mosfirm.ru