

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Федеральное бюджетное учреждение науки  
«Федеральный научный центр медико-профилактических  
технологий управления рисками здоровью населения»

**Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, О.Ю. Устинова,  
Р.Р. Махмудов, И.А. Пермьяков, Ю.В. Кольдибекова**

## **ТЕХНОГЕННАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Допущено методическим советом  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета  
в качестве учебного пособия к лекционному курсу  
для студентов биологического факультета,  
обучающихся по направлению  
«Экология и природопользование»

Пермь 2013

УДК 616-036.1: 616.33-002.2+303.425.4  
Т38

**Зайцева Н. В.**

Т38 Техногенная среда обитания человека: учеб. пособие /  
М. А. Землянова, О. Ю. Устинова, Р. Р. Махмудов,  
И. А. Пермяков, Ю. В. Кольдибекова; Перм. гос. нац.  
исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 126 с.

ISBN 978-5-7944-2221-4

Учебное пособие содержит необходимый теоретический материал к лекционному курсу «Техногенная среда обитания человека», способствующий формированию системных знаний при профессиональной подготовке специалистов в области экологии человека и рационального природопользования. Рассмотрены основные понятия о вредных и опасных факторах техногенного происхождения, принципы регламентирования безопасных уровней воздействия, методология обеспечения безопасности человека в условиях техногенных воздействий среды обитания.

Пособие предназначено для студентов биологического факультета, обучающихся по направлению «Экология и природопользование».

Ил. 7, Табл. 4, Библиогр. 25 назв.

**УДК 616-036.1: 616.33-002.2+303.425.4**

Печатается по решению редакционно-издательского совета Пермского государственного национального исследовательского университета

*Рецензенты:* **В. М. Ухабов**, д-р мед. наук, проф, зав. каф. общей гигиены и экологии человека. (Перм. гос. мед. академия);  
**Т. С. Уланова**, д-р биол. наук, зав. отделом химико-аналитических методов исследования (Федеральный науч. центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения)

© Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013

© Зайцева Н. В., Землянова М. А., Устинова О. Ю.,  
Махмудов Р. Р., Пермяков И. А., Кольдибекова Ю. В.,  
2013

ISBN 978-5-7944-2221-4

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Раздел 1. Техногенная среда обитания как учебная и научная дисциплина .....	6
Тема 1. Основные понятия и термины, используемые в курсе «Техногенная среда обитания», предмет и объекты изучения. 6	
Тема 2. Человек и среда обитания. Техногенные факторы среды обитания.....	9
Раздел 2. Техногенные факторы опасного воздействия на человека .....	36
Тема 1. Физические факторы воздействия на человека техногенного геноза .....	36
Тема 2. Химические факторы техногенной среды обитания человека .....	50
Тема 3. Идентификация негативных последствий острого и хронического воздействия на человека химических факторов промышленного происхождения .....	57
Тема 4. Техногенные биологические факторы среды обитания человека .....	64
Раздел 3. Предупреждение и снижение негативных последствий воздействия техногенных факторов на среду обитания и человека .....	69
Тема 1. Глобальные проблемы воздействия техногенных факторов на основные объекты среды обитания.....	69
Тема 2. Мониторинг как информационная основа эффективного управления техногенными факторами среды обитания.....	83
Тема 3. Гигиеническое регламентирование и контроль.....	97
Раздел 4. Обеспечение безопасности населения в условиях воздействия техногенных химических факторов.....	111
Тема. Концепция построения структурно-функциональной модели обеспечения гигиенической безопасности населения в условиях воздействия техногенных химических факторов..	111
Библиографический список .....	123

## ВВЕДЕНИЕ

Все процессы, происходящие в биосфере, тесно связаны между собой. Техногенная среда обитания создана путем воздействия человека и технических средств на природную среду с целью наилучшего соответствия среды социальным и экономическим потребностям общества. Техногенная среда обитания, являющаяся составной частью окружающей среды обитания человека, с которой он постоянно взаимодействует, может представлять для него опасность. Поэтому функциональный анализ техногенной среды обитания как источника негативных факторов воздействия на ее объекты и человека необходимо проводить, учитывая все отношения, возникающие между экологической, экономической и социальной составляющей жизни общества.

Загрязнение среды обитания вследствие техногенной деятельности человека поставило перед исследователями задачу глобального и регионального анализа техногенных факторов среды обитания с целью принятия управленческих решений при прогнозировании различных опасностей и разработки мероприятий по обеспечения безопасности населения и объектов среды обитания.

Для формирования системных представлений о техногенных факторах среды обитания необходимо изучение роли и последствий воздействия техногенных факторов на среду обитания и человека, освоение методологии (научно-методические и прикладные аспекты) решения проблем в связи с воздействием техногенных факторов на объекты среды обитания и человека (экологический мониторинг, биомониторинг, социально-гигиенический мониторинг, санитарно-эпидемиологическая экспертиза), освоение теории методов контроля техногенных факторов в атмосферном воздухе, воде водных объектов, почве, изучение механизмов регулирования воздействий техногенных факторов среды обитания населения и объектов среды обитания. Это позволит своевременно и адекватно распознавать, оценивать и прогнозировать кратковременные и долговременные негативные воздействия для принятия управленческих решений,

направленных на обеспечение безопасности населения и объектов среды обитания.

Таким образом, лекционный курс «Техногенная среда обитания человека» является дисциплиной, в ходе изучения которой рассматриваются проблемы безопасного развития общества в условиях техногенных воздействий среды обитания.

Целью курса является получение знаний о факторах риска техногенного происхождения, о негативных последствиях, возникающих в результате воздействия техногенных факторов, для объектов среды обитания и человека, о безопасном развитии общества в условиях техногенных воздействий.

Дисциплина «Техногенная среда обитания человека» является составной частью естественно-научных дисциплин, носит комплексный характер. Комплексность определяется тем, что данная дисциплина расширяет и дополняет научные знания и представления, полученные при освоении дисциплин естественно-научного цикла и основ экологии человека. Именно теоретические знания о вредных и опасных факторах являются предпосылкой обеспечения безопасности человека в условиях техногенных воздействий среды обитания.

В основу данного учебного пособия положены современные представления отечественной научной литературы о проблеме воздействия техногенных факторов на объекты среды обитания, систематизированные в соответствии с существующими теоретическими и научно-методическими подходами.

## РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОГЕННАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ КАК УЧЕБНАЯ И НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА

### Тема 1. Основные понятия и термины, используемые в курсе «Техногенная среда обитания», предмет и объекты изучения

В жизненном процессе человек неразрывно связан с окружающей его средой обитания, при этом он был и остается зависимым от окружающей его среды. Именно за счет неё он удовлетворяет свои потребности в пище, воздухе, воде, материальных ресурсах, отдыхе и т.д.

**Среда обитания** – окружающая человека среда, обусловленная совокупностью факторов (физических, химических, биологических, информационных, социальных), способных оказывать прямое или косвенное немедленное или отдаленное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье и потомства.

На начальном этапе своего развития человек взаимодействовал с естественной окружающей средой, которая состоит в основном из биосферы.

**Биосфера** – природная область распространения жизни на Земле, включающая нижний слой атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы, не испытывающих техногенного воздействия.

В процессе эволюции человек, стремясь наиболее эффективно удовлетворять свои потребности в пище, материальных ценностях, защите от климатических и погодных воздействий, в повышении своей коммуникативности, непрерывно воздействовал на естественную среду и прежде всего на биосферу. Активная деятельность человека в среде обитания привела к преобразованию части биосферы и появлению искусственной среды, называемой техногенной (техносферой).

**Техногенная среда (техносфера)** как составляющая окружающей среды является производной деятельности человека, которая возникла как результат воздействия антропогенных факторов с целью наилучшего соответствия среды социальным и экономическим потребностям общества.

Человек, решая задачи достижения комфортного и материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различные производств и т.д.), генерируя в среде обитания техногенные антропогенные опасности. Многообразие и высокие уровни опасностей, действующих на человека, характерны прежде всего для техносферы.

Техногенные опасности во многом определяются наличием отходов, неизбежно возникающих при любом виде деятельности человека в соответствии с законом от неустранимости отходов или побочных воздействий производств. Отходы сопровождают работу промышленного и сельскохозяйственного производства, энергетики, средств транспорта, жизнь людей и животных. Они поступают в объекты среды обитания в виде выбросов в атмосферу, сбросов в воды поверхностных водоёмов, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии и т.п.

Значительным техногенным опасностям подвергается человек при попадании в зону действия технических систем, к которым относятся транспортные магистрали, зоны излучения радио- и телепередающих систем, промышленные зоны. Существенно возросли в XX столетии энергетические уровни техногенных опасностей, когда человек получил в своё распоряжение мощную технику, огромные запасы углеводородного сырья, химических и бактериологических веществ.

Мир опасностей в начале XXI в. достиг своего наивысшего развития. Непрерывно нарастающие ухудшение здоровья и гибель людей от воздействия опасностей техносферы объективно требуют от государства и общества принятия широкого спектра мер с использованием научного подхода по обеспечению безопасности населения и объектов среды обитания человека в условиях техносферы.

В Российской Федерации права граждан на поддержание благоприятной окружающей среды закреплены в Конституции. Для регулирования деятельности в области охраны окружающей среды приняты Федеральные законы «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 № 96-ФЗ, «О качестве и безо-

пасности пищевых продуктов» от 02.01.2000 № 29-ФЗ (в ред. от 30.12.2001), а также другие законы и ряд федеральных и региональных программ по обеспечению экологической безопасности.

В Российской Федерации утверждены основы государственной политики в области экологического развития на период до 2030 г. (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.). Стратегической целью государственной политики в области экологического развития является решение социально-экономических задач, обеспечивающих экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, реализации права каждого человека на благоприятную окружающую среду, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Реализация настоящих Основ осуществляется в соответствии со следующими принципами, касающимися сохранения благоприятной окружающей среды:

а) соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;

б) обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

в) научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях устойчивого развития и обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

г) охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

д) обязательность оценки намечаемого воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении экономической и иной деятельности;

е) развитие международного сотрудничества в решении глобальных экологических проблем и применении международных стандартов в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.



В последние годы по инициативе ряда международных европейских организаций, в том числе и Европейского бюро ВОЗ, по единому макету созданы национальные планы действий по охране окружающей среды. В задачу каждой страны входила разработка обобщенной оценки качества атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, продуктов питания, а также неблагоприятных факторов окружающей среды и выявление приоритетных угроз, наносящих наибольший ущерб здоровью населения.

Таким образом, основой для принятия решений при прогнозировании различных опасностей и разработки мероприятий по обеспечения безопасности населения и объектов среды обитания является оценка техногенных факторов среды обитания и последствий неблагоприятного воздействия.

## **Тема 2. Человек и среда обитания. Техногенные факторы среды обитания**

Среда обитания – это часть природы, которая окружает живой организм, в частности человека, и с которой он непосредственно взаимодействует. Отдельные свойства или элементы среды носят название экологических факторов. Факторы среды многообразны. Они могут быть необходимы или, наоборот, вредны для живых существ, способствовать или препятствовать выживанию и размножению. Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия. Экологические факторы делятся на абиотические (все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы) и биотические (это формы воздействия живых существ друг на друга).

Среде обитания присущи негативные воздействия. Источниками естественных негативных воздействий являются стихийные явления в биосфере: изменения климата, грозы, землетрясения и т. п. Постоянная борьба за свое существование вынуждала человека находить и совершенствовать средства защиты от естественных негативных воздействий среды обитания.

При этом развитие цивилизации, под которой понимается прогресс науки, техники, экономики, сельского хозяйства, использование различных видов энергии, создание машин, меха-

низмов, применение различных видов удобрений и средств для борьбы с вредителями, не только позитивно повлияло на среду обитания, но и значительно увеличило количество вредных факторов, негативно воздействующих на человека.

В жизненном процессе взаимодействие человека со средой обитания и ее составляющих между собой основано на передаче между элементами системы потоков масс вещества, энергии всех видов и информации. Человеку эти потоки необходимы для удовлетворения своих потребностей в пище, воде, воздухе, солнечной энергии, информации об окружающей среде. В то же время человек выделяет в жизненное пространство потоки энергии, связанные с его сознательной деятельностью (механической, интеллектуальной энергии), а также потоки масс вещества в виде отходов биологического процесса, потоки тепловой энергии и т.д.

Характерные потоки масс, энергии и информации для различных компонентов системы «человек – среда обитания» приведены ниже:

Основные потоки в естественной среде:

- Солнечное излучение, излучение звёзд и планет.
- Космические лучи, пыль, астероиды.
- Электрическое и магнитное поля Земли.
- Круговороты веществ в биосфере в экосистемах, в биогеоценозах.
- Атмосферные, гидросферные и литосферные явления, в т.ч. стихийные.

Основные потоки в техносфере:

- Потоки сырья, энергии.
- Потоки продукции отраслей экономики.
- Отходы отраслей экономики.
- Бытовые отходы.
- Информационные потоки.
- Транспортные потоки.
- Световые потоки (искусственное освещение).
- Потоки вещества и энергии при техногенных авариях.

Основные потоки в социальной сфере:

- Информационные потоки (обучение, государственное управление, международное сотрудничество и т.п.).

- Людские потоки (демографический взрыв, урбанизация населения).

- Потоки наркотических средств, алкоголя и др.

Основные потоки, потребляемые и выделяемые человеком в процессе жизнедеятельности:

- Потоки кислорода, пищи, воды и иных веществ (алкоголь, табак, наркотики).

- Потоки энергии (механической, тепловой, солнечной и др.).

- Информационные потоки.

- Потоки отходов процесса жизнедеятельности.

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека и/или природную среду. В естественных условиях такие воздействия наблюдаются при изменении климата и стихийных явлениях. В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены её элементами и действиями человека.

Результат влияния фактора воздействия потока на объект зависит от свойств и параметров потока, а также от свойств объекта. Изменяя величину любого потока от минимально значимой до максимально возможной, можно выделить ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек – среда обитания»:

- комфортное (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия, создают оптимальные условия деятельности и отдыха;

- допустимое, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека;

- опасное, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и/или приводят к деградации природной среды;

- чрезвычайно опасное, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

Человек, решая задачи достижения комфортного и материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различные производств и т.д.), генерируя в среде обитания техногенные антропогенные опасности – негативные воздействия, внезапно возникающие, периодически или постоянно действующие в системе «человек – среда обитания».

На ранних стадиях своего развития человек непрерывно испытывал воздействие негативных факторов естественного происхождения. В условиях современного мира к естественным прибавились многочисленные факторы техногенного происхождения.

Под опасным принято понимать такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях может привести к травме или другому резкому ухудшению здоровья, а под вредным – если воздействие приводит к заболеванию или снижению работоспособности, т. е. является более опасным для человека.

Техногенные опасности во многом определяются наличием отходов, неизбежно возникающих при любом виде деятельности человека в соответствии с законом о неустранимости отходов или побочных воздействий производств. Отходы сопровождают работу промышленного и сельскохозяйственного производства, энергетики, средств транспорта, жизнь людей и животных. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоёмы, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии и т.п.

Процесс проявления техногенной опасности связан с усилением влияния на природную систему сверх допустимого уровня, что может вызвать трансформацию системы в целом или ее отдельных элементов. Многообразие процессов в техногенной среде определяет сложную систему факторов формиро-

вания техногенной опасности. Выделены три группы техногенных факторов: физические, химические, биологические.

Под **физическими** техногенными факторами понимают совокупность факторов, оказывающих на организм энергетическое воздействие (механическое, термическое, акустическое, электрическое, электромагнитное, радиационное и др.).

**Химические** факторы – это различные химические вещества, входящие в состав воздуха, воды, пыли, пищи, а также загрязнители (сбросы и выбросы предприятий).

**Биологические** факторы могут встречаться во всех средах – в воде, воздухе, почве, продуктах питания, на производстве, в быту. Их источником являются предприятия пищевой, фармацевтической промышленности, сельскохозяйственные предприятия и животноводческие комплексы, очистные сооружения. Биологическое загрязнение включает патогенные бактерии и продукты их жизнедеятельности, биологические средства защиты растений.

По длительности воздействия выделяют постоянные, переменные, периодические и кратковременные техногенные факторы.

Регионы техносферы и природные зоны, примыкающие к очагам техносферы, постоянно подвергаются активному загрязнению различными веществами и их соединениями. Основными источниками загрязнения являются: энергетика, промышленность, транспорт, сельское хозяйство и другие виды общественно-хозяйственной деятельности человека.

Под **загрязнением окружающей среды** понимается внедрение человеком в нее таких отходов производства, веществ, энергии, которые либо вообще не характерны для биосферы, либо концентрации их настолько высоки, что создают угрозу здоровью человека, ухудшают условия его жизни, труда, отдыха, наносят ущерб жизненно важным природным ресурсам.

Выделяют следующие ведущие объекты среды обитания, загрязнение которых вызвано воздействием техногенных факторов: атмосфера, гидросфера и литосфера.

#### ***Загрязнение атмосферного воздуха***

Под загрязнением атмосферного воздуха следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает

негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем. Загрязнение атмосферы может быть природным и техногенным. Природное загрязнение воздуха вызвано естественными процессами. К ним относятся вулканическая деятельность, выветривание горных пород, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др. Техногенное загрязнение связано с выбросом различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека (рис. 1).

В зависимости от масштабов распространения выделяют различные типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное. Местное загрязнение характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.). При региональном загрязнении в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства, но не вся планета. Глобальное загрязнение связано с изменением состояния атмосферы в целом.



Рис. 1. Техногенные источники загрязнения атмосферы

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются: 1) на газообразные (диоксид се-

ры, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.); 2) жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей и др.); 3) твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и проч.).

Крупнейшими источниками загрязнения атмосферы являются тепловые электростанции, предприятия черной и цветной металлургии, промышленность строительных материалов, транспорт. Ежегодно в атмосферу Земли от антропогенных источников поступает примерно 250 млн т пыли, 200 млн т оксида углерода, 50 млн т различных углеводородов, 150 млн т диоксида серы, 50 млн т оксидов азота. Большая часть этих веществ образуется при процессах горения обычных органических топлив.

Главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека, – диоксид серы ( $SO_2$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), оксид углерода (CO) и твердые частицы. На их долю приходится около 98% в общем объеме выбросов вредных веществ. Помимо главных загрязнителей в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ, среди которых – формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод и др. Однако именно концентрации главных загрязнителей (диоксид серы и др.) наиболее часто превышают допустимые уровни во многих городах России.

Выбросы в атмосферу диоксида серы, оксидов азота, оксида углерода и углеводородов только от стационарных источников в 2010 г. в России составили 19,0 млн т, в 2011 г. – 19,2 млн т. Кроме указанных главных загрязнителей в атмосферу попадает много других очень опасных токсичных веществ: свинец, ртуть, кадмий и другие тяжелые металлы (источники выброса: автомобили, плавильные заводы и др.); углеводороды, среди них наиболее опасен бенз(а)пирен, обладающий канцерогенным действием (выхлопные газы, топка котлов и др.), альдегиды, и в первую очередь формальдегид, сероводород, токсичные летучие растворители (бензины, спирты, эфиры) и др.

Наиболее опасное загрязнение атмосферы – радиоактивное. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально

распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами – продуктами испытаний ядерного оружия, проводившихся в атмосфере и под землей. Приземный слой атмосферы загрязняют также выбросы в атмосферу радиоактивных веществ с действующих АЭС в процессе их нормальной эксплуатации и другие источники.

Еще одной формой загрязнения атмосферы является локальное избыточное поступление тепла от антропогенных источников. Признаком теплового (термического) загрязнения атмосферы служат так называемые термические зоны, например, «остров тепла» в городах, потепление водоемов и т.п.

В целом, если судить по официальным данным в 2011 г., уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах Российской Федерации остается высоким.

### ***Загрязнение гидросферы***

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире – на каждого жителя России приходится свыше 30 000 м<sup>3</sup>/год воды. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения поверхностные и подземные водные объекты России утратили свои качества как источника питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляют загрязненную недоброкачественную воду.

Установлено, что более 400 видов веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности – санитарно-токсикологическому, органолептическому – вода считается загрязненной.

Различают химические, биологические и физические загрязнители. Среди химических загрязнителей к наиболее рас-



пространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. Очень опасно загрязняют воду биологические загрязнители, например, вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы, и физические – радиоактивные вещества, тепло и др.

#### *Основные виды загрязнения вод*

Наиболее часто встречается химическое и бактериальное загрязнение. Значительно реже наблюдается радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение (рис. 2).



Рис. 2. Техногенные источники загрязнения гидросферы

*Химическое загрязнение* – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим (фенолы, нафтеновые кислоты, пестициды и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и нетоксичным. При оса-

ждении на дно водоемов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т. д., однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит. Очаг химического загрязнения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространяться до 10 км и более.

*Бактериальное загрязнение* выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер. Централизованные системы водоснабжения имеют порядка 90% городов, 80% поселков городского типа и около 20% населенных пунктов. Из-за нехватки сооружений для очистки и обеззараживания воды на большинстве водопроводов с водозабором из открытых водоемов состояние источников централизованного водоснабжения в целом по стране крайне неблагоприятное. В ряде водозаборов обнаружены соли тяжелых металлов (ртути, свинца, кадмия) в концентрациях, превышающих ПДК, и возбудители инфекционных заболеваний. На многих водопроводах с водозабором из поверхностных источников нет полного комплекса очистных сооружений и обеззараживающих установок. Дезинфекция воды хлором, спасая человека от микробной опасности, подвергает его при этом химической опасности, грозящей отдаленными последствиями для здоровья.

Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих *радиоактивное загрязнение*. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др. В подземные воды уран, стронций и другие элементы попадают как в результате выпадения их на поверхность земли в виде радиоактивных продуктов и отходов и последующего просачивания в глубь земли вместе с атмосферными водами, так и в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

*Механическое загрязнение* характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.).

Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод. Применительно к поверхностным водам выделяют еще их загрязнение (а точнее, засорение) твердыми отходами (мусором), остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами, которые ухудшают качество вод, отрицательно влияют на состояние экосистем.

*Тепловое загрязнение* связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту количества гидробионтов и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения.

Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод:

- 1) сброс в водоемы неочищенных сточных вод;
- 2) смыв ядохимикатов ливневыми осадками;
- 3) газодымовые выбросы;
- 4) утечки нефти и нефтепродуктов.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных сточных вод – промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных и др. Промышленные сточные воды загрязняют экосистемы самыми разнообразными компонентами в зависимости от специфики отраслей промышленности.

Сточные воды, загрязненные органическими и биогенными веществами, а также опасными соединениями, оказывают значительное негативное воздействие на водные ресурсы. Главной причиной высокой техногенной нагрузки на водные объекты является неспособность обеспечить достаточный уровень очистки всего объема сточных вод, поступающих в очистные сооружения из-за их недостаточной мощности или неэффективного использования. Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2011 г., увеличился на 0,4% по сравнению с 2010 г. и составил 48 095,56 млн м<sup>3</sup>.

Коммунально-бытовые сточные воды в больших количе-

ствах поступают из жилых и общественных зданий. В сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроорганизмы, что может вызвать бактериальное загрязнение.

Огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смываются с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами. По большей части они попадают в водоемы и в водотоки без какой-либо очистки, а потому имеют высокую концентрацию органического вещества, биогенных элементов и других загрязнителей.

Значительную опасность представляют газодымовые соединения (аэрозоли, пыль и т. д.), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности. Плотность выпадения, например, аммонийного азота на европейской территории России оценивается в среднем в  $0,3 \text{ т/км}^2$ , а серы – от  $0,25$  до  $2,0 \text{ т/км}^2$ .

Огромны масштабы *нефтяного загрязнения* природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе с судов балластных вод и т. д.

Кроме поверхностных вод постоянно загрязняются и подземные воды, в первую очередь в районах крупных промышленных центров. Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны. Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников и др., по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т. д. К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые и рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин.

Важно подчеркнуть, что загрязнения подземных вод не ограничиваются площадью промышленных предприятий, хра-

нилищ отходов и т. д., а распространяются вниз по течению потока на расстояние до 20–30 км и более от источника загрязнения. Это создает реальную угрозу для питьевого водоснабжения в этих районах.

Следует также иметь в виду, что загрязнение подземных вод негативно сказывается и на экологическом состоянии поверхностных вод, атмосферы, почв, других компонентов природной среды. Например, загрязняющие вещества, находящиеся в подземных водах, могут выноситься фильтрационным потоком в поверхностные водоемы и загрязнять их.

В большей части субъектов РФ разработаны региональные программы по улучшению снабжения населения питьевой водой. С 1 января 1998 г. введен в действие новый норматив «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». За последние двадцать лет технологами изобретено много приемов эффективной предочистки воды от органических загрязнений в самом начале линии водоочистки. В основе качественной водоочистки должна лежать замена предхлорирования воды на предозонирование. Благодаря окислительной деструкции органических соединений с помощью озона и переводу в неводорастворимые оксиды ионов токсичных металлов последние становятся менее устойчивыми в воде, а значит, более легко удаляемыми в процессе коагуляционной очистки и фильтрования воды. Наконец, применение современных гранулированных активированных углей на завершающей стадии очистки позволяет получать достаточно чистую и безопасную хозяйственно-питьевую воду.

### ***Загрязнение литосферы***

Верхняя часть литосферы, которая непосредственно выступает как минеральная основа биосферы, в настоящее время подвергается все более возрастающему техногенному воздействию.

Экологическая функция литосферы выражается в том, что она является базовой подсистемой биосферы. Например, техногенное разрушение минимального слоя горных пород на суше или шельфе автоматически уничтожает биоценоз. Но, кроме того, литосфера служит основным поставщиком минерально-сырьевых, в том числе энергетических ресурсов, большая часть

которых относится к невозобновимым.

В последнее время литосферу рассматривают как вещественную и энергетическую основу существования биоты и человеческого сообщества, обладающую ресурсной, геодинамической и другими экологическими функциями.

Выделяют техногенные изменения следующих основных составляющих литосферы: 1) почв; 2) горных пород и их массивов; 3) недр (рис. 3).



Рис. 3. Техногенные воздействия на литосферу

*Воздействия на почвы.* Почва – один из важнейших компонентов окружающей среды. Все основные ее экологические функции замыкаются на одном обобщающем показателе – почвенном плодородии. Отчуждая с полей основной (зерно, корнеплоды, овощи и др.) и побочный урожай (солома, листья, ботва и др.), человек размыкает частично или полностью биологический круговорот веществ, нарушает способность почвы к саморегуляции и снижает ее плодородие. Даже частичная потеря гумуса и, как следствие, снижение плодородия, не дает почве возможности выполнять в полной мере свои экологические функ-

ции, и она начинает деградировать, т. е. ухудшать свои свойства. К деградации почв (земель) ведут и другие причины, преимущественно техногенного характера.

Основные виды техногенного воздействия на почву:

- 1) эрозия (ветровая и водная);
- 2) загрязнение;
- 3) вторичное засоление и заболачивание;
- 4) опустынивание;
- 5) отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Эрозия почв (от лат. *erosio* – разъедание) – разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) или потоками воды (водная эрозия). Земли, подвергшиеся разрушению в процессе эрозии, называют эродированными. К эрозионным процессам относят также промышленную эрозию (разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров), военную эрозию (воронки, траншеи), пастбищную эрозию (при интенсивной пастьбе скота), ирригационную (разрушение почв при прокладке каналов и нарушении норм поливов) и др.

Однако настоящим бичом земледелия у нас в стране и в мире остаются водная эрозия (ей подвержен 31 % суши) и ветровая эрозия (дефляция), активно действующая на 34% поверхности суши. Эрозия оказывает существенное негативное влияние на состояние почвенного покрова и во многих случаях разрушает его полностью. Падает биологическая продуктивность растений, снижаются урожаи и качество зерновых культур, хлопка, чая и др.

Под ветровой эрозией понимают выдувание, перенос и отложение мельчайших почвенных частиц ветром. Интенсивность ветровой эрозии зависит от скорости ветра, устойчивости почвы, наличия растительного покрова, особенностей рельефа и от других факторов. Огромное влияние на ее развитие оказывают техногенные факторы. Например, уничтожение растительности, нерегулируемый выпас скота, неправильное применение агротехнических мер резко активизируют эрозионные процессы.

Различают местную (повседневную) ветровую эрозию и пыльные бури. Первая проявляется в виде поземок и столбов

пыли при небольших скоростях ветра. Пыльные бури возникают при очень сильных и продолжительных ветрах. Скорость ветра достигает 20–30 м/с и более. Наиболее часто пыльные бури наблюдаются в засушливых районах (сухие степи, полупустыни, пустыни). Пыльные бури безвозвратно уносят самый плодородный верхний слой почв; они способны развеять за несколько часов до 500 т почвы с 1 га пашни, негативно влияют на все компоненты окружающей среды, загрязняют атмосферный воздух, водоемы, отрицательно влияют на здоровье человека.

Под водной эрозией понимают разрушение почв под действием временных водных потоков. Как и в случае ветровой эрозии, условия для проявления водной эрозии создают природные факторы, а основной причиной ее развития является производственная и иная деятельность человека. В частности, появление новой тяжелой почвообрабатывающей техники, разрушающей структуру почвы, – одна из причин активизации водной эрозии в последние десятилетия. Другие негативные техногенные факторы: уничтожение растительности и лесов, чрезмерный выпас скота, отвальная обработка почв и др.

**Загрязнение почв.** Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений – токсикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных и других нежелательных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира.

Основные загрязнители почвы: 1) пестициды (ядохимикаты); 2) минеральные удобрения; 3) отходы и отбросы производства; 4) газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; 5) нефть и нефтепродукты.

В мире ежегодно производится более миллиона тонн пестицидов. Только в России используется более 100 индивидуальных пестицидов при общем годовом объеме их производства 100 тыс. т. Мировое производство пестицидов постоянно растет. Увеличивается и число их типов.

В настоящее время влияние пестицидов на здоровье населения многие ученые приравнивают к воздействию на человека радиоактивных веществ. Достоверно установлено, что при при-



менении пестицидов наряду с некоторым увеличением урожайности отмечается рост видового состава вредителей, ухудшаются пищевые качества и сохранность продукции, утрачивается естественное плодородие и т. д.

Среди пестицидов наибольшую опасность представляют стойкие хлорорганические соединения (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ), которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет, и даже малые их концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. Но и в ничтожных концентрациях пестициды подавляют иммунную систему организма, а в более высоких концентрациях обладают выжженными мутагенными и канцерогенными свойствами. Попадая в организм человека, пестициды могут вызвать не только быстрый рост злокачественных новообразований, но и поражать организм генетически, что может представлять серьезную опасность для здоровья будущих поколений. Вот почему применение наиболее опасного из них – ДДТ в нашей стране и в ряде других стран запрещено.

Почвы загрязняются и минеральными удобрениями, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хранении. Из азотных, суперфосфатных и других типов удобрений в почву в больших количествах мигрируют нитраты, сульфаты, хлориды и другие соединения. Это приводит к нарушению биогеохимического круговорота азота, фосфора и некоторых других элементов.

В последнее время выявлен еще один неблагоприятный аспект неумеренного потребления минеральных удобрений, и в первую очередь нитратов. Оказалось, что большое количество нитратов снижает содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух «парниковых» газов – закиси азота и метана. Неумеренное потребление минеральных удобрений вызывает в ряде районов и нежелательное подкисление почв.

К интенсивному загрязнению почв приводят отходы и отбросы промышленного производства. В нашей стране ежегодно образуется свыше миллиарда тонн промышленных отходов, из них более 50 млн т особо токсичных. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, хвостохранилищами и др., ко-

которые интенсивно загрязняют почвы, а их способность к самоочищению, как известно, ограничена. По данным Росприроднадзора в 2011 г. объем образования отходов производства и потребления в Российской Федерации составил 4 303,32 млн т, что на 16,3% больше, чем было в 2010 г. Следует отметить, что по данным субъектов Российской Федерации в 2011 г. образовалось 4 719,6 млн т отходов производства и потребления, что на 416 млн т больше предшествующего года. Доля использованных и обезвреженных отходов (по данным Росприроднадзора) уменьшилась на 0,2%, составив в 2011 г. 46,3%.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют газодымовые выбросы промышленных предприятий. Почва обладает способностью накапливать весьма опасные для здоровья человека загрязняющие вещества – тяжёлые металлы, мышьяк, фтор, сульфаты, нитраты, бенз(а)пирен и др.

В качестве источника загрязнения почвы тяжелыми металлами могут выступать предприятия цветной и чёрной металлургии, энергетики, машиностроения и металлообработки, химической, нефтехимической промышленности, по производству стройматериалов, строительной промышленности. За последнее десятилетие наблюдается общая тенденция увеличения от 1,1 до 3 раз средних массовых долей тяжелых металлов в почвах.

Значительное количество свинца содержат почвы, находящиеся в непосредственной близости от автомобильных дорог. Результаты анализа образцов почвы, отобранных на расстоянии нескольких метров от дороги, показывают 30-кратное превышение концентрации свинца по сравнению с его содержанием (20 мкг/г) в почве незагрязненных районов.

Одной из серьезных экологических проблем России становится загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами. Высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами, превышающие фоновые в десятки и сотни раз, наблюдаются в районах добычи, транспортировки, распределения и переработки нефти. Также к причинам загрязнения можно отнести аварии на магистральных и внутрипромысловых нефтепроводах, несовершенство технологии нефтедобычи, аварийные и технологические выбросы.

Вторичное засоление и заболачивание почв. В процессе хозяйственной деятельности человек может усиливать природ-

ное засоление почв. Такое явление носит название вторичного засоления и развивается оно при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах.

Во всем мире процессам вторичного засоления и осолонцевания подвержено около 30% орошаемых земель. Площадь засоленных почв в России составляет 36 млн га (18% общей площади орошаемых земель). Засоление почв ослабляет их вклад в поддержание биологического круговорота веществ. Исчезают многие виды растительных организмов, появляются новые растения галофиты (растения, эволюционно сформировавшиеся на засоленных почвах и имеющие специальные приспособления для нормального завершения онтогенеза в условиях высокой концентрации солей в почвенном растворе). Уменьшается генофонд наземных популяций в связи с ухудшением условий жизни организмов, усиливаются миграционные процессы.

Заболачивание почв наблюдается в сильно переувлажненных районах, например, в Нечерноземной зоне России, на Западно-Сибирской низменности, в зонах вечной мерзлоты. Заболачивание почв сопровождается деградационными процессами в биоценозах, появлением признаков оглеения и накоплением на поверхности неразложившихся остатков. Заболачивание ухудшает агрономические свойства почв и снижает производительность лесов.

Опустынивание. Одним из глобальных проявлений деградации почв является опустынивание. По Б. Г. Розанову (1984), опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд га практически на всех континентах. Причины и основные факторы опустынивания различны. Как правило, к опустыниванию приводит сочетание нескольких факторов, совместное действие которых резко ухудшает экологическую ситуацию.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, засоляются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктив-

ность, а следовательно, подрывается и способность экосистем восстанавливаться. Опустынивание – это результат длительного исторического процесса, в ходе которого неблагоприятные явления природы и деятельность человека, усиливая друг друга, приводят к изменению характеристик природной среды.

Причины опустынивания обусловлены в основном сочетанием двух факторов: 1) усилением воздействия человека на природные экосистемы с целью обеспечения продовольствием быстро растущего населения; 2) изменившимися метеорологическими условиями (длительными засухами). Интенсивный выпас скота приводит к чрезмерной нагрузке на пастбища и уничтожению и без того разреженной растительности с низкой естественной продуктивностью. Опустыниванию способствует также массовое выжигание прошлогодней сухой травы, особенно после периода дождей, интенсивная распашка, снижение уровня грунтовых вод и др. Выбитая растительность и сильно разрыхленные почвы создают условия для интенсивного выдувания (дефляции) поверхностного слоя земли. Изменение природных комплексов и их деградация особенно заметны в период засух.

Отчуждение земель. Почвенный покров агроэкосистем необратимо нарушается при отчуждении земель для нужд сельскохозяйственного пользования: строительства промышленных объектов, городов, поселков, для прокладки линейно-протяженных систем (дорог, трубопроводов, линий связи), при открытой разработке месторождений полезных ископаемых и т. д. По данным ООН в мире только при строительстве городов и дорог ежегодно безвозвратно теряется более 300 тыс. га пахотных земель.

*Воздействия на горные породы и их массивы.* В процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека горные породы, слагающие верхнюю часть земной коры, в той или иной степени претерпевают сжатие, растяжение, сдвигание, водонасыщение, осушение, вибрации и другие воздействия.

Изменения, происходящие в породах при различных воздействиях, детально изучают. Это необходимо для прогноза возможного развития опасных геологических процессов, негативно влияющих на экологическую обстановку.

К числу основных техногенных воздействий на породы относятся: статические и динамические нагрузки, тепловое воздействие, электрические воздействия и др.

Статические нагрузки. Это наиболее распространенный вид антропогенного воздействия на горные породы. Под действием статических нагрузок от зданий и сооружений, достигающих 2 МПа и более, образуется зона активного изменения горных пород, достигающая глубин 70–100 м. При этом наибольшие изменения наблюдаются: 1) в вечномерзлых льдистых породах, на участках залегания которых часто происходит оттаивание, пучение и другие процессы; 2) в сильносжимаемых породах, например заторфованных, илестых и др.

Динамические нагрузки. Вибрации, удары, толчки и другие динамические нагрузки типичны при работе транспорта, ударных и вибрационных строительных машин, заводских механизмов и т. д. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, водонасыщенные лессы, торф и др). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются (равномерно или неравномерно), структурные связи нарушаются, возможно внезапное разжижение и образование оползней, обвалов, плавунных выбросов и других неблагоприятных процессов.

Другим видом динамических нагрузок являются взрывы, действие которых сходно с сейсмическими воздействиями. Горные породы разрушают взрывным способом при строительстве автомобильных и железных дорог, гидротехнических плотин, добыче полезных ископаемых и т. д. Очень часто взрывы сопровождаются нарушением природного равновесия – возникают оползни, обвалы и т. п.

Тепловое воздействие. Повышение температуры горных пород наблюдается при подземной газификации углей, в основании доменных и мартеновских печей и др. В ряде случаев температура пород повышается до 40–50 °С, а иногда и до 100 °С и более (в основании доменных печей). В зоне подземной газификации углей при температуре 1000–1600 °С породы спекаются, «каменеют», теряют свои первоначальные свойства.

Как и другие виды воздействия, тепловой техногенный поток влияет не только на состояние горных пород, но и на дру-

гие компоненты окружающей среды. Изменяются почвы, подземные воды, растительность.

Электрическое воздействие. Создаваемое в горных породах искусственное электрическое поле (электрифицированный транспорт, ЛЭП и др.) порождает блуждающие токи и поля. Наиболее заметно они проявляются на городских территориях, где имеется наибольшая плотность источников электроэнергии. При этом изменяются электропроводность, электросопротивляемость и другие электрические свойства пород.

Динамическое, тепловое и электрическое виды воздействия на горные породы создают физическое загрязнение окружающей среды.

Массивы горных пород, и в первую очередь их поверхностные толщи, в ходе инженерно-хозяйственного освоения подвергаются мощному техногенному воздействию. При этом развиваются такие опасные ущербобразующие процессы, как оползни, карст, подтопление, просадочные процессы и др. Особенно легко подвержены опасным процессам массивы вечномерзлых пород, так как они весьма чувствительны к тепловому техногенному воздействию.

Оползни представляют собой скольжение горных пород вниз по склону под действием собственного веса грунта и нагрузки – фильтрационной, сейсмической или вибрационной. Для оползней характерно отсутствие вращения и опрокидывания смещающихся масс. Оползни – частое явление на склонах долин рек, оврагов, берегов морей, искусственных выемок. Большой ущерб природной среде ежегодно наносят оползневые процессы на берегах Черноморского побережья Кавказа, Крыма, в долинах Волги, Днепра, Дона и многих других рек и горных районов.

Карст. Геологическое явление, связанное с растворением водой горных пород (известняков, доломита, гипса, каменной соли), образованием при этом подземных пустот (пещер, каверн и др.) и сопровождаемое провалом земной поверхности, получило название карста. Массивы горных пород, в которых развивается карст, называются закарстованными. Хозяйственное освоение закарстованных массивов горных пород ведет к существенному изменению природной среды. Карстовые процессы заметно оживляются: образуются новые провалы, воронки, колод-

цы и др. Карст широко распространен в мире, в том числе и в России, в частности в Башкирии, в центральной части Русской равнины, в Приангарье, на Северном Кавказе и во многих других местах, где имеются растворимые горные породы.

**Подтопление.** Процесс подтопления – яркий пример ответной реакции природной среды на действие техногенных факторов. В настоящее время под подтоплением понимают любое повышение уровня грунтовых вод до критических величин (менее одного-двух метров от поверхности земли).

Подтопление территорий весьма негативно влияет на природную среду. Массивы горных пород переувлажняются и заболачиваются. Активизируются оползни, карст и другие неблагоприятные процессы. В лессовых глинистых грунтах возникают просадки, в глинах – набухание. Просадка в лессовых грунтах приводит к резкой неравномерной осадке, а набухание в глинах – к неравномерному подъему зданий и сооружений. В результате сооружения испытывают деформации, вплоть до полной непригодности к эксплуатации. Это ухудшает экологическую обстановку в жилых и производственных помещениях, что снижает производительность труда и даже может вызвать травмы и болезни у людей.

Причины подтопления разнообразны, но практически всегда связаны с деятельностью человека. Это – утечки воды из подземных водонесущих коммуникаций, засыпка естественных дренажей – оврагов, асфальтирование и застройка территории, нерациональный полив улиц, садов, скверов, барраж подземных вод (т. е. задержка их движения глубокими фундаментами), фильтрация из водохранилищ, прудов-охладителей АЭС и др.

**Воздействия на недра.** Недрами называют верхнюю часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Являясь естественным фундаментом земной поверхности, недра активно влияют на окружающую природную среду. В этом заключается их главная экологическая функция.

Основное природное богатство недр – минерально-сырьевые ресурсы, т. е. совокупность полезных ископаемых, заключенных в них. Добыча (извлечение) полезных ископаемых с целью их переработки – главная цель пользования недрами.

Недра – источник не только минеральных ресурсов, но и огромных энергетических запасов. По подсчетам ученых, в

среднем из недр к поверхности поступает 32,3–1012 Вт геотермальной энергии. В нашей стране сосредоточены огромные запасы полезных ископаемых, в том числе и геотермального тепла. Потребности в минеральных и других природных ресурсах могут быть полностью обеспечены за счет собственных национальных ресурсов.

Экологическое состояние недр определяется прежде всего силой и характером воздействия на них человеческой деятельности. В современный период масштабы техногенного воздействия на земные недра огромны. Только за один год на десятках тысяч горнодобывающих предприятий мира извлекается и перерабатывается более 150 млрд т горных пород, откачиваются миллиарды тонн кубических метров подземных вод, накапливаются горы отходов. Недра нуждаются в постоянной экологической защите, в первую очередь от истощения запасов полезных ископаемых, а также от загрязнения их вредными отходами, неочищенными сточными водами и т. д.

Таким образом, рост промышленного производства и концентрация населения в городах обуславливают увеличение транспорта, ускоренное жилищное строительство, рост численности населения. В результате возникают последствия процесса урбанизации – загрязнение основных объектов среды обитания.

Усиление техногенного негативного влияния на среду обитания не всегда ограничивается нарастанием опасностей только прямого действия, например ростом концентрации токсичных примесей в атмосфере. При определённых условиях возможно появление вторичных негативных воздействий, возникающих на региональном или глобальном уровне и оказывающих негативное влияние на регионы биосферы и значительные группы людей. К ним относятся процессы образования кислотных дождей, смога, «парниковый эффект», разрушение озонового слоя Земли, накопление токсичных и канцерогенных веществ в организме животных, рыб, в пищевых продуктах.

Центральное понятие в области безопасности жизнедеятельности человека в условиях воздействия техногенных факторов среды обитания является **опасность**. Опасности действуют на человека во всех видах среды обитания. Достижение состояния безопасности объекта защиты требует анализа



свойств объекта защиты и совокупности опасностей, действующих на него.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в техносфере – путь к решению многих проблем защиты природной среды от негативного влияния техносферы, фундамент для решения проблем безопасности на более высоких уровнях: техносферном, региональном, биосферном, глобальном.

Объективные потребности человека в защите от опасностей, возникшие с появлением человека, в настоящее время достигли наивысшего уровня. Особое значение они имеют для России, где наблюдается высокая смертность населения от внешних причин (травматизм, алкоголизм, региональная заболеваемость и т.п.); высокий уровень его урбанизации; значительная изношенность технических средств и оборудования в отраслях экономики и, как следствие, высокая аварийность; низкое качество атмосферного воздуха и других компонентов среды обитания в крупных городах и промышленных регионах; нарастающее негативное влияние на здоровье людей других техногенных опасностей.

Не случайно, что становление и развитие безопасности жизнедеятельности человека опирается на научно-практические достижения в области экологии, техники безопасности, охраны окружающей среды, на достижения в профилактической медицине, биологии.

Важнейшую роль в сохранении безопасности населения играет информация об опасностях среды обитания. Такая информация должна содержать фактические и прогнозные значения показателей негативности среды обитания как в производственных помещениях, так и в регионах техносферы. Наличие информации об опасностях среды обитания позволит населению рационально выбирать места деятельности и проживания, успешно пользоваться методами и средствами защиты от опасностей.

Воздействие опасностей в условиях производства, города, жилища обычно проходит длительно, поэтому необходим постоянный контроль за параметрами состояния среды обитания по вредным факторам.

Все опасности реальны тогда, когда они могут воздействовать на конкретные объекты (объекты защиты). Объекты за-

щиты, как и источники опасностей многообразны. Каждый компонент окружающей среды может быть объектом защиты от опасностей. В порядке приоритета к объектам защиты относятся: человек, сообщество, государство, природная среда (биосфера), техносфера и т.д. Основное, желаемое состояние объектов защиты безопасное. Оно реализуется при полном отсутствии воздействия опасностей. Состояние безопасности достигается также при условии, когда действующие на объект защиты опасности снижены до предельно допустимых уровней воздействия.

**Безопасность** – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Следует отметить, что термин «безопасность» часто используют для оценки качества источника опасности, говоря о неспособности его генерировать опасности. Состояние источника, при котором соблюдается его допустимое воздействие на человека, биосферу и/или техносферу носит название «экологичность» источника опасности. Безопасность – высокая вероятность отсутствия вредного эффекта при определенном режиме и условиях воздействия анализируемого химического вещества.

Критериями безопасности техносферы являются ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергий в жизненном пространстве:

1. Предельно допустимые уровни (ПДУ) нежелательных воздействий на человека различного рода потоков энергии (механической, электромагнитной, тепловой, ионизирующей).

2. Предельные дозы (ПД) нежелательных воздействий, полученных организмом человека за время активного влияния на него негативных техногенных факторов (электромагнитных, ионизирующих).

3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) нежелательных для человека токсических и (или) загрязняющих веществ.

4. Предельно допустимые выбросы (ПДВ) в атмосферу, а также предельно допустимые сбросы (ПДС) в гидросферу нежелательных для человека и окружающей природной среды объемов токсических и (или) загрязняющих веществ.

5. Предельно допустимое время воздействия на человека негативных факторов техносферы без угрозы для его безопасности.

6. Предельно допустимый риск воздействия негативных факторов техносферы без ущерба для безопасности человека и состояния окружающей природной среды.

Основной смысл критериев безопасности заключается в сохранении здоровья и жизни человека путем ограждения его от вредных и опасных факторов техносферы.

Концентрации регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i < ПДК_i, \quad (1)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;

ПДК $_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве.

Таким образом, наличие достаточно жесткой связи между концентрациями примесей в жизненном пространстве и потоком примесей, выделяемых источником загрязнения, позволяет реально управлять ситуацией, связанной с загрязнением жизненного пространства, за счет изменения количества выбрасываемых веществ (энергии).

Предельно допустимые выбросы (сбросы) и предельно допустимые излучения энергии источниками загрязнения среды обитания являются критериями экологичности источника воздействия на среду обитания. Соблюдение этих критериев гарантирует реализацию условий и безопасность жизненного пространства.

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений, в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

## РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

### Тема 1. Физические факторы воздействия на человека техногенного генеза

К физическим факторам техногенного генеза относят механическое, термическое, акустическое, электрическое, электромагнитное, радиационное воздействия, вибрацию, ионизирующее излучение др.

**Механическое воздействие** создается движущимися машинами и механизмами, передвигающимися материалами, заготовками, изделиями, не защищёнными подвижными элементами оборудования.

**Термическое воздействие** создается высокой температурой в ряде технологических процессов и приводит к нарушению терморегуляции, перегреву и тепловому удару.

**Шумовое воздействие** – одна из форм вредного физического воздействия на окружающую среду. Загрязнение среды шумом возникает в результате недопустимого превышения естественного уровня звуковых колебаний. С экологической точки зрения в современных условиях шум не просто становится неприятным для слуха, но и приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека. В урбанизированных зонах развитых стран мира от действия шума страдают десятки миллионов людей.

Шумом принято считать всякий нежелательный для человека звук, не несущий полезной информации или беспорядочное передвижение частиц в пространстве.

В зависимости от слухового восприятия человека упругие колебания в диапазоне частот от 16 до 20 000 Гц называют звуком, менее 16 Гц – инфразвуком, от 20 000 Гц – ультразвуком. Человек способен воспринять звуковые частоты лишь в диапазоне 16–20 000 Гц.

Звуковой дискомфорт создают техногенные источники шума, которые повышают утомляемость человека, снижают его умственные возможности, значительно понижают производительность труда, вызывают нервные перегрузки, шумовые

стрессы и т. д. Высокие уровни шума ( $> 60$  дБ) вызывают многочисленные жалобы, при 90 дБ органы слуха начинают деградировать, а уровень антропогенного шума свыше 130 дБ – разрушительный для органа слуха предел. Длительное воздействие шума, ультра- и инфразвука приводит к расстройству центральной нервной системы.

Основные источники техногенного шума – транспорт (автомобильный, рельсовый и воздушный) и промышленные предприятия. Наибольшее шумовое воздействие на окружающую среду оказывает автотранспорт (80% общего шума). В настоящее время на автомобильных дорогах Москвы, Санкт-Петербурга и других крупных городов России уровень шума от транспорта в дневное время достигает 90–100 дБ и даже ночью в некоторых районах не опускается ниже 70 дБ (предельно допустимый уровень шума для ночного времени – 40 дБ).

Официальные данные свидетельствуют, что в России примерно 35 млн чел. (или 30% городского населения) подвержены существенному, превышающему нормативы, воздействию транспортного шума.

Так, например, от авиационного шума страдают несколько миллионов человек. При взлете самолетов наиболее шумных типов (ИЛ-76, ИЛ-86 и др.) авиационный шум с максимальным уровнем 75 дБ фиксируется на расстоянии более 10 км от аэропорта.

Поскольку шумовое воздействие в крупных промышленных городах мира – одна из наиболее острых экологических проблем современности, существует понятие нормирования шумов (в производственных помещениях в соответствии с ГОСТ 12.1.003-89 "Шум. Общие требования безопасности", в жилых помещениях – ГОСТ 12.1.036-81 "ССБТ Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях").

Так, например, допустимые уровни шума в жилых и общественных зданиях на уровне 40 дБА днем и 30 дБА в ночное время. Максимальный уровень шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБА. Зоны с уровнем звука более 85 дБА должны быть отмечены соответствующими знаками опасности, а работающие в этих зонах обеспечены средствами индивидуальной защиты.

Основные источники шума на производстве – кузнечно-прессовое и штамповочное оборудование, металлорежущие станки, вентиляционное оборудование.

В бытовых условиях основным источником шума, проникающим в помещение извне, является шум транспортных средств и шум коммунального оборудования (лифты, системы водоснабжения и т.п.).

Меры борьбы с шумом:

- конструктивные (увеличение жесткости конструкций, замена металла на пластмассы и т.п.);

- технологические (замена ударной штамповки выдавливанием, изменение скоростей резания и т.п.);

- санитарно-гигиенические (удаление рабочих мест из шумных зон, перепланировка помещений, дополнительный отдых рабочих шумных производств), применение экранов и глушителей для аэродинамических шумов, применение индивидуальных средств защиты (наушники, шлемы, вкладыши). Так как инфразвук свободно проникает через строительные конструкции, то эффективная борьба с ним возможна только подавлением в источнике за счет изменения режимов работы оборудования, изменения жесткости конструкции, увеличения быстроходности агрегатов. Ультразвуковые колебания быстро затухают в воздухе, поэтому для уменьшения вредного воздействия ультразвука необходимо исключить непосредственный контакт человека с источником, а для подавления звуковых волн применять защитные кожухи. Для снижения уровня шума в жилых помещениях необходимы соответствующие градостроительные решения (вывод из жилых зон, заглубление или подъем на эстакады транспортных потоков, ориентация расположения жилых помещений домов в направлении минимального уровня шума, использование малоэтажной застройки или зеленых насаждений в качестве акустических экранов и т.п.), административные (запрет движения тяжелого транспорта в ночное время в жилых районах), конструктивные (снижение уровня шума разрабатываемых транспортных средств, применение вместо обычного остекления окон зданий в шумных районах стеклопакетов и т.п.), организационные (поддержание на качествен-

ном уровне дорожных покрытий, рельсового и коммунального хозяйства) и т.п.

**Вибрацией** называют малые механические колебания, возникающие в упругих телах, находящихся под воздействием переменного физического поля. Вибрация возникает при движении транспортных средств, работе ударных механизмов (перфораторы), вращении неуравновешенных масс (например, роторов электродвигателей) и т.п.

Основные параметры вибрации: частота (Гц), амплитуда колебания (м), период колебания (с), виброскорость (м/с). В реальных механических системах, как правило, имеют место сложные колебательные движения, возникающие в результате суммирования колебаний с разными частотами, амплитудами и направлениями, поэтому в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 нормирование вибрационной нагрузки осуществляется в соответствии с предельными спектрами или одночисловыми параметрами (доза вибрации, частотно-корректированное значение виброускорения (виброскорости) или его эквивалентное значение) по каждому из направлений в зависимости от характера действия (общая, локальная). Нормы устанавливаются исходя из восьмичасового воздействия и в зависимости от характера вибрации – транспортная, технологическая или транспортно-технологическая. Критериями оценки при этом являются, соответственно, безопасность, снижение производительности труда или комфорт.

Характер воздействия вибрации на человека зависит от диапазона частот механических колебаний, направления их действия, продолжительности воздействия и от того, подвергается ли воздействию вибрации все тело (общая вибрация) или только конечности (локальная вибрация). Вибрация с частотой 6-9 Гц, близкой к частоте собственного механического резонанса внутренних органов, при больших значениях может привести к разрыву тканей и внутренним кровоизлияниям. Локальная вибрация вызывает спазмы кровеносных сосудов, что ухудшает кровообращение конечностей, способствует отложению солей в суставах и при длительном воздействии вызывает хроническое профессиональное заболевание – вибрационную болезнь. Как при общей, так и при локальной вибрации нарушается деятельность центральной нервной системы.

Для снижения уровня вибрации, создаваемой машинами и механизмами, необходимо стремиться тщательно балансировать вращающиеся массы, устанавливать под вибрирующее оборудование амортизирующие прокладки или монтировать его на специальных фундаментах, не связанных с каркасом здания. Уменьшение уровня вибрации, действующей на человека, возможно за счет амортизации площадок, на которых расположены рабочие места, амортизации сидений и применения индивидуальных средств защиты – специальных перчаток, виброзащитных прокладок, специальной обуви. Требования к индивидуальным средствам защиты регламентируются ГОСТ 12.4.002-84.

**Электрический ток** является одним из наиболее распространенных факторов, оказывающих на человека термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие заключается в нагреве тканей при протекании по ним электрического тока; электролитическое действие – в разложении крови и других жидкостей организма; биологическое – в возбуждении живых тканей организма, сопровождающемся судорогами, спазмом мышц, остановкой дыхания и сердечной деятельности.

В результате воздействия электрического тока могут возникнуть местные электротравмы (ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, ослепление светом электрической дуги) или возможен электрический удар, который характеризуется общим поражением организма и может сопровождаться судорогами, потерей сознания, остановкой дыхания и/или сердечной деятельности, клинической смертью.

Наиболее опасен переменный ток в диапазоне частот 20–100 Гц. Человек начинает ощущать протекание тока частотой 50 Гц, если его действующее значение составляет 0,6–1,5 мА. При 10–15 мА начинаются судорожные сокращения мышц рук, при 20–25 мА – затруднение дыхания, при 100 мА может начаться фибриляция сердца. Токи высокой частоты могут вызвать лишь ожоги, так как распространяются по поверхности тела. На глубину поражения электрическим током помимо его величины и частоты существенное влияние оказывают продолжительность воздействия и путь протекания по организму.



Вероятность поражения человека электрическим током зависит от климатических условий в помещении (температуры, влажности), а также наличия токопроводящей пыли, металлических конструкций, соединенных с землей, токопроводящего пола и т.д.

При применении индивидуальных средств защиты величина тока через человека может быть уменьшена до безопасной величины, если они оказываются на пути тока. При работе в сетях под напряжением необходимо использовать инструменты с изолированными ручками, резиновые перчатки, обувь и коврики, испытанные на пробой на напряжение, превышающее напряжение в сети не менее чем в 2 раза. Работы разрешается проводить только одной рукой и в присутствии наблюдателя.

Допустимые значения токов и напряжений прикосновения в зависимости от времени срабатывания защиты приведены в ГОСТ 12.1.038-88. В соответствии с этим документом для нормального (неаварийного) режима работы промышленного оборудования допустимые напряжения прикосновения не должны превышать 2 В при частоте тока 50 Гц, 3 В при 400 Гц и 8 В для постоянного тока. При этом суммарная продолжительность воздействия не должна превышать 10 мин. в сутки. Для бытовой аппаратуры наличие напряжений прикосновения в нормальном режиме работы не допускается.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных подлежит заземлению все оборудование при напряжении питания свыше 42 В переменного и 110 В постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности – все оборудование при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Во взрывоопасных помещениях заземляется все оборудование независимо от напряжения питания.

Напряжение питания переносного электроинструмента и светильников в особо опасных помещениях не должно превышать 12 В, а в помещениях с повышенной опасностью – 42 В переменного тока. Если инструмент имеет более высокое напряжение питания, то он должен иметь двойную изоляцию (рабочую и защитную) или при его использовании необходимо применять индивидуальные средства защиты.

Во многих случаях быстроедействие обычной защиты оказывается недостаточным (например, во взрывоопасных помещениях) или порог срабатывания защиты слишком высок. В таких случаях применяется защитное отключение – быстроедействующая защита, срабатывающая при появлении опасности поражения электрическим током.

На нынешнем этапе развития научно-технического прогресса человек вносит существенные изменения в естественное магнитное поле Земли, придавая геофизическим факторам новые направления и резко повышая интенсивность своего воздействия. Основные источники этого воздействия – электромагнитные поля от линий электропередач (ЛЭП) и электромагнитные поля от радиотелевизионных и радиолокационных станций.

**Электромагнитное поле** – фундаментальное физическое поле, взаимодействующее с электрически заряженными телами, а также с телами, имеющими собственные дипольные и мультипольные электрические и магнитные моменты. Представляет собой совокупность электрического и магнитного полей, которые могут, при определённых условиях, порождать друг друга.

**Электрическое поле** – одна из двух компонент электромагнитного поля, существующего вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом, а также возникающего при изменении магнитного поля (например, в электромагнитных волнах).

**Магнитное поле** – силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитным моментом, независимо от состояния их движения, магнитная составляющая электромагнитного поля. Магнитное поле может создаваться током заряженных частиц и/или магнитными моментами электронов в атомах. Кроме этого, оно появляется при наличии изменяющегося во времени электрического поля.

Среди основных источников электромагнитного воздействия можно выделить: электротранспорт (трамваи, троллейбусы, поезда), линии электропередач (городского освещения, высоковольтные), электропроводка (внутри зданий, телекоммуникации), бытовые электроприборы, теле- и радиостанции, спутниковая и сотовая связь, радары, персональные компьютеры. Транспорт на электрической тяге – электропоезда (в том числе

поезда метрополитена), троллейбусы, трамваи и т. п. – является относительно мощным источником магнитного поля в диапазоне частот от 0 до 1000 Гц.

Провода работающей линии электропередачи создают в прилегающем пространстве электрическое и магнитное поля промышленной частоты. Расстояние, на которое распространяются эти поля от проводов линии, достигает десятков метров. Дальность распространения электрического поля зависит от класса напряжения линии электропередач (ЛЭП) – чем выше напряжение, тем больше зона повышенного уровня электрического поля, при этом размеры зоны не изменяются в течение времени работы ЛЭП. Поскольку нагрузка ЛЭП может неоднократно изменяться как в течение суток, так и с изменением сезонов года, размеры зоны повышенного уровня магнитного поля также меняются. Линии электропередач и некоторые другие энергетические установки создают электромагнитные поля промышленных частот (50 Гц) в сотни раз выше среднего уровня естественных полей. Напряженность поля под ЛЭП может достигать десятков тысяч вольт на метр.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорционально мощности поля и времени облучения. Неблагоприятное воздействие электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, проявляется уже при напряженности поля, равной 1000 В/м.

Наибольший вклад в электромагнитную обстановку жилых помещений в диапазоне промышленной частоты 50 Гц вносит электротехническое оборудование здания, а именно кабельные линии, подводящие электричество ко всем квартирам и другим потребителям системы жизнеобеспечения здания, а также распределительные щиты и трансформаторы. В помещениях, смежных с этими источниками, обычно повышен уровень магнитного поля промышленной частоты, вызываемый протекающим электротоком. Уровень электрического поля промышленной частоты при этом обычно не высокий и не превышает ПДУ для населения 500 В/м.

Национальные системы стандартов являются основой для реализации принципов электромагнитной безопасности. Как правило, системы стандартов включают в себя нормативы, ог-

раничивающие уровни электрических полей, магнитных полей и электромагнитных полей различных частотных диапазонов путем введения предельно допустимых уровней воздействия (ПДУ) для различных условий облучения и различных контингентов.

В России система стандартов по электромагнитной безопасности представлена Государственными стандартами (ГОСТ) и Санитарными правилами и нормами (СанПиН). Это взаимосвязанные документы, являющиеся обязательными для исполнения на всей территории России.

Так, например, в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Санитарные правила и нормы. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» требованиями к источникам ЭМИ РЧ является максимальная высокочастотная мощность, не превышающая:

- 5 Вт – в диапазоне частот 30 кГц – 3 МГц;
- 2 Вт – в диапазоне частот 3–30 МГц;
- 0,2 Вт – в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц.

Для бытового оборудования и приборов, носимых радиопередающие средства, источники ЭМИ РЧ, – высокочастотная мощность, не превышающая:

- 1 Вт – в диапазоне частот 30 кГц – 3 МГц;
- 0,5 Вт – в диапазоне частот 3–30 МГц;
- 0,05 Вт – в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц.

В основе установления ПДУ лежит принцип пороговости вредного действия ЭМП.

В качестве ПДУ ЭМП принимаются такие значения, которые при ежедневном облучении в свойственном для данного источника излучения режиме не вызывают у населения без ограничения пола и возраста заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в период облучения или в отдаленные сроки после его прекращения.

В части требований ГОСТов и СанПиН по проведению контроля записано, что контроль уровней ЭП осуществляется по значению напряженности ЭП –  $E$ , В/м. Контроль уровней МП осуществляется по значению напряженности МП –  $H$ , А/м или значению магнитной индукции –  $B$ , Тл. В зоне сформировав-

шейся волны контроль осуществляется по плотности потока энергии (ППЭ), Вт/м<sup>2</sup>.

В России установлены самые жесткие в мире предельно допустимые уровни облучения населения электромагнитными полями.

Система Санитарно-гигиенического нормирования ПДУ ЭМП для населения в России исходит из принципа введения ограничений для конкретных случаев облучения (табл. 1).

Таблица 1

**Предельно допустимые уровни электромагнитного поля  
для потребительской продукции,  
являющейся источником ЭМП**

Источник	Диапазон	Значение ПДУ
Индукционные печи	20–22 кГц	$E = 500 \text{ В/м}$ $H = 4 \text{ А/м}$
СВЧ-печи	2,45 ГГц	ППЭ=10 мкВт/см <sup>2</sup>
Видеодисплейный терминал ПЭВМ	5 Гц – 2 кГц	$E_{\text{пду}} = 25 \text{ В/м}$ $V_{\text{пду}} = 250 \text{ нТл}$
	2–400 кГц	$E_{\text{пду}} = 2,5 \text{ В/м}$ $V_{\text{пду}} = 25 \text{ нТл}$
	поверхностный электростатический потенциал	$V=500 \text{ В}$
Прочая продукция	50 Гц	$E = 500 \text{ В/м}$
	0,3–300 кГц	$E = 25 \text{ В/м}$
	0,3–3 МГц	$E = 15 \text{ В/м}$
	3–30 МГц	$E = 10 \text{ В/м}$
	30–300 МГц	$E = 3 \text{ В/м}$
	0,3–30 ГГц	ППЭ = 10 мкВт/см <sup>2</sup>

В качестве мер защиты здоровья людей от электромагнитного воздействия можно выделить:

- выбор режимов работы излучающего оборудования, обеспечивающих уровень излучения, не превышающий предельно допустимый;

- экранирование источников ЭМИ или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных);

- ограничение места и времени нахождения людей в зоне действия поля;

обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем излучения.

**Ионизирующее излучение** – потоки частиц и электромагнитных квантов, образующихся при ядерных превращениях, т. е. в результате радиоактивного распада. Ионизирующее излучение состоит из рентгеновских и гамма-излучений, потоков альфа-частиц, электронов, нейтронов и протонов. Воздействие на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения. Внешнее облучение вызывают источники рентгеновского и гамма-излучения, потоки протонов и нейтронов. Внутреннее облучение вызывают альфа- и бета-частицы, которые попадают в организм человека через органы дыхания и пищеварительный тракт.

Ионизирующее излучение является одним из видов электромагнитного излучения. Оно обладает энергией, достаточной для того, чтобы выбить один или более электронов из атомов и образовать положительно заряженные ионы, которые, в свою очередь, могут вступать в реакцию и разрушать ткани живых организмов. Известно, что в природе существуют химические элементы – устойчивые и неустойчивые (уран, торий, радий и др.). Внутриядерных сил для сохранения прочности ядра у последних недостаточно, и ядра атомов неустойчивого элемента превращаются в ядра атомов другого элемента. Такой процесс самопроизвольных превращений ядер атомов неустойчивых элементов называют радиоактивным распадом, или радиоактивностью. Акт распада сопровождается испусканием излучений в виде гамма-лучей, альфа- и бета-частиц и нейтронов. Радиоактивные излучения характеризуются различной проникающей ионизирующей (повреждающей) способностью.

Альфа-частицы обладают такой малой проникающей способностью, что задерживаются листом обыкновенной бумаги. Их пробег в воздухе равняется 2–9 см, в тканях животного организма – долями миллиметров. Эти частицы при наружном воздействии на живой организм не способны проникнуть через слой кожи. Вместе с тем ионизирующая способность этих частиц чрезвычайно велика и опасность их воздействия возрастает при попадании внутрь организма с водой, пищей, вдыхаемым воздухом, через открытую рану.

Бета-частицы обладают большей проникающей, но меньшей ионизирующей способностью, их пробег в воздухе до 15 м, в ткани организма – 1–2 см.

Гамма-излучение распространяется со скоростью света, обладает наибольшей глубиной проникновения – его может ослабить только толстая свинцовая или бетонная стена.

В качестве единицы активности и дозовых характеристик поля излучения используются термины «поглощенная доза» и «эквивалентная доза».

Поглощенная доза излучения – поглощенная энергия любого ионизирующего излучения, отнесенная к единице массы облучаемой среды. В качестве единицы измерения поглощенной дозы излучения в системе СИ принят грей (Гр).

Для оценки биологического эффекта воздействия излучения произвольного состава в целях радиационной безопасности при облучении малыми дозами введено понятие эквивалентной дозы излучения – произведение поглощенной дозы излучения в биологической ткани на коэффициент качества этого излучения в данном элементе биологической ткани. Безразмерный коэффициент качества определяет зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах от линейной передачи энергии излучения и представляет собой регламентированные значения относительной биологической активности излучения, установленные для контроля степени радиационной опасности при хроническом облучении.

Предельно допустимые уровни облучения людей задаются "Нормами радиационной безопасности НРБ-96" и "Основными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87".

В соответствии с НРБ-96 все население делится на две категории: персонал, непосредственно работающий с источниками излучения, и все население, включая персонал вне сферы его производственной деятельности. В свою очередь, персонал делится на две группы: А – работающие с источниками излучения и Б – по условиям работы находящиеся в сфере их воздействия.

Для всех категорий облучаемых людей установлены три класса нормативов:

- основные дозовые пределы (табл. 2);

- допустимые уровни воздействия, являющиеся производными от основных дозовых пределов (предел годового поступления, допустимая объемная активность, допустимая удельная активность и т.д.);
- контрольные уровни, устанавливаемые администрацией учреждения по согласованию с органами Госсаннадзора.

Таблица 2

### Основные дозовые пределы облучения

Дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения, сЗв (бэр) за календарный год	Группы критических органов		
	I	II	III
Предельно допустимая доза для категории А	5,0	15,0	30,0
Предел дозы для категории Б	0,5	1,5	3,0

В порядке убывания радиочувствительности установлены три группы критических органов: I группа – все тело, гонады, красный костный мозг; II группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, почки, печень, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к I и III группам; III группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в неперевышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контакт с источниками ионизирующего излучения, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство



пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами. Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что в работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективные средства защиты от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с этим нормативным документом основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Экраны изготавливают из различных материалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими альфа- и бета-активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны, – органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ионизирующих излучений опасная зона должна быть ограничена предупреждающими надписями.

## **Тема 2. Химические факторы техногенной среды обитания человека**

В основном существует три основных источника загрязнения биосферы химическими факторами техногенного генеза: промышленность, транспорт, бытовые отходы.

В качестве источников промышленных загрязнений можно рассматривать теплоэлектростанции (сернистый и углекислый газ); металлургические предприятия (оксиды азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка); химические, нефтехимические и цементные заводы. По данным, полученным от Федеральной службы государственной статистики, в целом по России объем выбросов от стационарных источников составил в 2011 г. 19 162,32 тыс. т загрязняющих веществ, что на 0,2% больше, чем было в 2010 г. Основной объем загрязненных сточных вод сброшен водопользователями, относящимися к разделам «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (55%) и «Обрабатывающие производства» (19,3%).

Второе место по загрязнению окружающей среды занимает транспорт. Относительная доля автотранспорта в общих техногенных выбросах загрязняющих веществ всех отраслей экономики составляет ~ 40% и более 80% объема вредных выбросов транспортного комплекса (без учета трубопроводного транспорта). На долю автомобилей приходится 25 % сжигаемого топлива.

В процессе человеческой деятельности на всех стадиях получения конечного продукта возникают отходы, которые попадают в окружающую среду и включаются в биогеохимический круговорот веществ в биосфере. Так, например, в 2011 г. объем отходов производства и потребления в Российской Федерации (по данным Росприроднадзора) на 16,2% больше объема отходов, образовавшихся в 2010 г. Наибольший объем отходов приходится на добычу полезных ископаемых – 88,7%, в т. ч. на добычу топливно-энергетических полезных ископаемых – 58,7%. На долю обрабатывающих производств приходится 6,5% всех образующихся отходов, в т. ч. 4,3% – на металлургиче-

ское производство и производство готовых металлических изделий.

Таким образом, с химическими веществами человек имеет постоянный или временный контакты на протяжении всей жизни. Они могут существовать в различных агрегатных состояниях (газ, жидкость, пар, твердое состояние, в чистом виде, в смесях, как примеси), во всех средах обитания человека (воздух, вода, почва). Постоянный рост, синтез новых химических соединений, используемых в результате деятельности человека, предъявляет требования к пониманию степени опасности и характера неблагоприятного воздействия на организм.

Признаки определения класса опасности химических веществ установлены стандартом ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация и общие требования безопасности». По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности, представленные в табл. 3.

Таблица 3

### **Классы опасности химических веществ**

Класс опасности	Степень опасности веществ
I	чрезвычайно опасные
II	высокоопасные
III	умеренно опасные
IV	малоопасные

Класс опасности вредных веществ устанавливаются в зависимости от норм и показателей, значение которых соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 4).

Для предотвращения отрицательных последствий воздействия загрязняющих химических веществ на атмосферу, литосферу и гидросферу необходимо знать их предельные уровни, при которых обеспечивается нормальная жизнедеятельность. Информация, характеризующая состояние природной среды, оценивается с помощью специально разработанных критериев или нормативов. Основной величиной экологического нормирования качества природной среды является предельно допустимая концентрация вредного вещества или веществ в биосфере – воздухе, воде и почве. В общем случае ПДК – это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при по-

стоянном контакте или воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК должны устанавливаться на основе различных токсикометрических оценок, с отдельным нормированием уровней загрязнения, например, воздуха, в рабочих зонах и в населенных пунктах.

Таблица 4

**Классы опасности химических веществ  
в зависимости от норм и показателей**

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	более 10,0
Средняя смертельная доза (ЛД <sub>50</sub> ) при введении в желудок, мг на 1 кг массы тела	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг на 1 кг массы тела	менее 100	100–500	501–2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500–5000	5001–50 000	более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300–30	29–3	менее 3
Зона острого действия	менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	более 54,0
Зона хронического действия	более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	менее 2,5

Выделяют ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Величины ПДК приведены в ГН 2.1.6.695-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Непосредственно в воздушной среде выделяют:

1) ПДКр.з – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 час. или другой продолжительности, но не более 41 час. в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать в состоянии

здоровья настоящего и последующего поколений заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

2) ПДК<sub>м.р</sub> – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населённых мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при выдыхании в течение 20 мин. не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека;

3) ПДК<sub>с.с.</sub> – предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе населённых мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном дыхании.

Предельно допустимая концентрация веществ в воде – концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования (ГОСТ 27065-86). Ниже приведён перечень нормативно-технических документов, которые регламентируют качество питьевой воды:

- Гл. II Р. 9. «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)», утвержденные решением Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299;

- СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;

- СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества»;

- СП 2.1.5.1059 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения»;

- ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»;

- ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяй-

ственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03»;

- ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

В водной среде выделяют:

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

2) ПДК<sub>в.р</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/л.

Интегральные показатели для воды:

а) БПК – биологическая потребность в кислороде – количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации) за определённое время инкубации пробы (2, 5, 20, 120 сут.), мг O<sub>2</sub>/л воды (БПК<sub>п</sub> – за 20 сут., БПК<sub>5</sub> – за 5 сут.);

б) ХПК – химическая потребность в кислороде, определённая бихроматным методом, т. е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, O<sub>2</sub>/л воды.

По отношению БПК<sub>п</sub> /ХПК судят об эффективности биохимического окисления веществ.

ПДК химического вещества в почве (ПДК<sub>п</sub>) – это то максимальное количество химического вещества (в мг/кг почвы), которое не вызывает опосредованного отрицательного воздействия на человека через контактирующие с почвой среды и не угнетает самоочищающую способность почвы. Содержание химических веществ в почве представлены в ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».

В почве выделяют также ПДК<sub>пр</sub> (ДОК) – предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания, мг/кг.

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

По методам проведения контроля химических веществ в объектах среды обитания и в организме человека различают биологический (с помощью биоиндикаторов), дистанционный (авиационный и космический), контактный (аналитический) (физический, химический и физико-химический анализ) мониторинг.

*Биоиндикация* – это обнаружение и определение техногенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ. Так, радиоактивное загрязнение можно определить по состоянию хвойных пород деревьев, промышленные загрязнения часто определяют по многим представителям почвенной фауны, а загрязнения воздуха очень чутко воспринимаются мхами и лишайниками. Например, если в лесу на стволах деревьев исчезают лишайники, значит, в воздухе присутствует сернистый газ. По цвету лишайников (этот метод назван лишайноиндикацией) судят также о наличии в почве некоторых тяжелых металлов, например меди и т. д. Биоиндикация позволяет вовремя выявить ещё не опасный уровень загрязнения и принять меры по восстановлению экологического равновесия окружающей среды.

В последние годы много внимания уделяется блоку биологических изменений, т. е. тому, как организмы, живущие в объектах природы, реагируют на эту среду. Методы биотестирования в искусственных условиях с помощью таких живых организмов, как рачки дафнии, пиявки, черви, инфузории (простейшие) и т. д., находят в настоящее время широкое применение во многих странах.

*Дистанционные методы* используются в основном для ведения глобального мониторинга – это размещение приборов в труднодоступных местах, аэро- и космическая съёмка. Так, аэрофотосъёмку часто используют как эффективный метод определения масштаба загрязнения при разливе нефти в море или на суше, т. е. при аварии танкеров или при разрыве трубопроводов.

*Контактные методы* используются для мониторинга отдельных компонентов окружающей природной среды: почвы, воды, воздуха; они основаны на анализе отдельных проб. Так, например, почвенный мониторинг предусматривает определение кислотности, засоления почв и потери гумуса. Содержание гумуса определяют по окисляемости органического вещества. Загрязнение вод определяется по перманганатному индексу, химическому или биохимическому потреблению кислорода, расходуемого на окисление органических и неорганических веществ, содержащихся в загрязнённой воде. Атмосферные загрязнения анализируются газоанализаторами, позволяющими получить информацию о концентрации в воздухе газообразных поллюантов. При этом применяют многокомпонентные методы анализа, которые дают непрерывные во времени характеристики загрязнения воздуха.

Одним из подходов для установления реальной химической нагрузки и оценки степени неблагоприятного воздействия на здоровье населения является определение химических соединений в биосредах человека. При проведении санитарно-гигиенического мониторинга идентификация химических соединений в биосредах может быть использована для оценки комплексной антропогенной нагрузки на ограниченной территории – в регионе и при планировании природоохранных мероприятий. При этом важным аспектом остается разработка допустимых техногенных региональных нагрузок на население и установление региональных максимально недействующих уровней с учетом комплекса эколого-гигиенических факторов на данной территории – уровень жизни, заболеваемость населения, демографические показатели, состояние окружающей среды, оценка риска здоровью от воздействия вредных факторов окружающей среды.

Выявление потенциально вредных факторов, оценка связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья человека, достаточности и надежности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды исследуемыми веществами, составление перечня приоритетных химических веществ, подлежащих последующей характеристике, носит название «идентификация опасности».



Идентификация опасности имеет скрининговый характер и предусматривает выявление всех источников загрязнения окружающей среды и возможного их воздействия на человека: идентификацию всех загрязняющих веществ; характеристику потенциальных вредных эффектов химических веществ и оценку научной доказанности возможности развития этих эффектов у человека; выявление приоритетных для последующего изучения химических соединений; установление вредных эффектов, вызванных приоритетными веществами при оцениваемых маршрутах воздействия (включая приоритетные загрязненные среды и пути поступления химических веществ в организм человека), продолжительности экспозиции (острые, подострые, хронические, пожизненные) и путей их поступления в организм человека (ингаляционное, пероральное, кожное).

### **Тема 3. Идентификация негативных последствий острого и хронического воздействия на человека химических факторов промышленного происхождения**

Химические вещества могут поступать в организм человека перорально (через желудочно-кишечный тракт), перкутанно (накожно), ингаляционно (через дыхательные пути) из всех приоритетных объектов среды обитания. Наибольшее значение имеет первый путь. Поступив в организм, химические вещества обычно подвергаются биотрансформации с возможностью образования достаточно устойчивых метаболитов, которые способны накапливаться в тканях.

Поступление химических веществ в организм человека одновременно из разных сред (атмосферный воздух, питьевая вода, вода поверхностного водоема, почва, продукты питания) различными путями (пероральный, ингаляционный, кожный) характеризуется как многосредовое и комплексное воздействие. Одновременное или последовательное действие на организм нескольких химических веществ при одном и том же пути поступления носит название «комбинированное».

По форме проявления эффекта, характеру и времени воздействия химических загрязнителей на организм человека различают острое и хроническое воздействие. Острым считается

действие, которое быстро проявляется вслед за разовым, повторным или пролонгированным поступлением вещества в организм. Хроническое возникает обычно в результате продолжительного воздействия и аккумуляции химического вещества или его метаболитов в организме.

Характерными признаками острого действия являются:

- высокий уровень обращаемости населения города (против обычного уровня) или района за скорой помощью по поводу резкого ухудшения здоровья;
- избыточная смертность среди населения города, чаще всего среди лиц, имевших в анамнезе хронические заболевания органов дыхания и сердечно-сосудистой системы;
- ограниченность по времени возникновения указанных явлений (3–10 дней).

Хроническое действие химических загрязнений является основным видом их неблагоприятного влияния на здоровье человека. По характеру хронического действия загрязнений на население можно выделить два подтипа, определяющие особенности методических подходов к их изучению и диагностике:

- хроническое специфическое действие, где конкретный загрязнитель играет роль этиологического фактора (рак легких, аллергии, бронхиальная астма);
- хроническое неспецифическое (провоцирующее) действие, в реализации которого участвуют вещества, относящиеся к различным химическим классам и не обладающие выраженным специфическим влиянием на организм (снижение иммунной резистентности, сенсбилизация организма, предрасположенность к развитию системных заболеваний, в первую очередь заболеваний дыхательной системы – бронхиальная астма, бронхиты и т. д.).

К методам гигиенической индикации эффектов вредного воздействия химических факторов внешней среды на здоровье человека относят: эпидемиологические, инструментальные (лабораторные), клинические.

**Эпидемиологические методы** – это специфическая совокупность приемов и способов, позволяющих обеспечить анализ и синтез явлений, касающихся возникновения, развития, ограничения и прекращения эпидемического процесса. Эпидемиоло-

гическая диагностика реализует комплекс методических приемов (гигиенических, статистических), позволяющих выделить "территории риска", "факторы риска" и целевые "группы риска" среди населения, которые являются наиболее чувствительными к воздействию вредных факторов.

**Лабораторные и клинические методы** используются при углубленном специализированном обследовании населения и являются инструментом оценки воздействия вредных химических факторов на организм человека и развивающиеся при этом неблагоприятные эффекты, отражающие воздействие.

Данные методы позволяют выявить и оценить экспозицию (уровень воздействия) вредных химических факторов на население и развивающиеся при этом неблагоприятные (вредные) эффекты, результатом чего является установление биологических маркеров.

**Биологический маркер** (синоним биомаркер, англ. *biomarker*) – система показателей (маркеров), характеризующих взаимодействие организма с потенциально опасными агентами разной природы (физической, химической, биологической).

Согласно определению ВОЗ «Биомаркер – практически любой измеряемый показатель, отражающий взаимодействие между биологической системой и фактором окружающей среды (химическим, физическим или биологическим). Этот показатель может быть функциональным, физиологическим или биохимическим и отражает взаимодействие на клеточном или молекулярном уровне».

Биомаркеры позволяют:

- выявлять лиц с повышенным содержанием в организме тех или иных опасных веществ;
- определять (или опровергать) наличие негативного эффекта, вызванного токсичным соединением;
- оценивать воздействия специфических веществ на организм;
- определять повышенную чувствительность к воздействию конкретного химического вещества;
- проверять предполагаемый механизм действия или токсикологическую модель;
- осуществлять контроль мониторинга воздействия вредных химических факторов на чувствительные субпопуляции;

- оценивать эффективность профилактических мероприятий для субпопуляций, подвергшихся воздействию.

Различают биомаркеры экспозиции (воздействия) и биомаркеры эффекта.

**Маркер экспозиции (воздействия)** – экзогенное химическое вещество или его метаболит, количество которого определяется в биологических средах организма.

Маркерами экспозиции могут быть:

- неизменяемые экзогенные агенты – тяжёлые металлы, полихлорированные бифенилы, некоторые растворители и др.;

- метаболиты экзогенных агентов – фенол (бензол), котинин (никотин), бенз(а)пирен (дигидродиолэпоксид), акролеин (циклофосфамид).

Очень важно для правильной интерпретации результатов при обосновании маркеров экспозиции учитывать путь введения токсичного соединения в организм, обуславливающий преобладание в биологических субстратах как самого вещества, так и его метаболитов. Кроме того, необходимо установление зависимости между дозой поступления токсичного соединения в организм и его концентрацией в анализируемом биосубстрате.

Качественная и количественная характеристика эффекта при действии конкретных маркеров экспозиции осуществляется с помощью установления биомаркеров эффекта.

**Маркер эффекта** – показатель, количественно характеризующий биохимическое, физиологическое, поведенческое или иное изменение в организме, от степени выраженности которого определяется фактическое или потенциальное нарушение здоровья или развитие болезни.

Биомаркеры эффекта делят на специфические и неспецифические.

Специфические маркеры эффекта указывают на биологический эффект при воздействии конкретного вредного фактора. Например, образование повышенного содержания копропорфирина в моче при избыточном содержании свинца в организме, повышенного содержания карбоксигемоглобина в крови при повышенном содержании CO<sub>2</sub> в выдыхаемом воздухе.

Неспецифические маркеры эффекта указывают на общий, комплексный ответ организма при воздействии различных

вредных факторов. Например, повышенное содержание малонового диальдегида в плазме крови, отражающего развитие окислительного стресса при воздействии ряда тяжелых металлов, ароматических углеводородов, хлорорганических соединений.

В качестве маркера эффекта используется отклонение лабораторного показателя (биохимического, иммунологического, цито-, иммуногенетического и др.), отражающее функциональные нарушения критических органов и систем при воздействии, или показатель фактической заболеваемости по индикаторным классам болезней (нозологическим формам), имеющим доказанную связь с маркером экспозиции. Показатель фактической заболеваемости используется при отсутствии возможности количественного определения токсичного химического вещества в биологической среде.

При действии химических факторов на организм человека выделяют следующие отдаленные эффекты воздействия: репротоксическое, мутагенное, эмбриотоксическое, канцерогенное.

Среди факторов риска нарушений репродуктивного здоровья, наряду с неуправляемыми (наследственными, соматическими, половозрастными), существенное значение приобретают техногенные химические факторы, обладающие мутагенной и репротоксикантной активностью, проникающие трансплацентарно.

Под репротоксичностью химических соединений понимают способность вызывать нарушение репродуктивной функции или внутриутробное развитие плода.

Воздействие репротоксикантов на женский организм может вызвать хромосомные aberrации, бесплодие, нарушение менструального цикла, патологию беременности, перинатальную смертность, фетальную недостаточность, врожденные уродства и пр.

Под мутагенной активностью химических факторов в настоящее время понимают способность оказывать повреждающее действие на генетические структуры организма и увеличивать частоту мутаций в соматических и половых клетках человека. Первые затрагивают жизнедеятельность настоящего организма, а вторые проявляются в последующем поколении.

Среди наиболее распространенных химических мутагенов и репротоксикантов выделяют следующие: свинец и его соединения, марганец ( $Mn^{2+}$ ), хром ( $Cr^{6+}$ ), никель ( $Ni^{2+}$ ), кадмий ( $Cd^{2+}$ ) и его соединения, цинк ( $Zn^{2+}$ ), медь ( $Cu^{2+}$ ) дихлорбромметан, дибромхлорметан, тетрахлорметан, бензол, толуол, ксилол, стирол, формальдегид. Наиболее активными мутагенами являются формальдегид, никель и его соединения. Индекс мутационной активности данных соединений составляет 7–15%.

Эмбриотоксическое воздействие – гибель плода или снижение его размеров и массы при нормальной дифференцировке тканей. Наиболее распространенными химическими веществами техногенного происхождения, обладающими эмбриотоксическим действием, являются диоксины и диоксиноподобные соединения, углеводороды жирного ряда (бензин, гексан, стирол и др.), этанол, метакриловый эфир, тяжелые металлы и др.

В настоящее время около 20 веществ, достаточно широко используемых в промышленности, отнесены к числу канцерогенов для человека (однако этот список постоянно увеличивается). Канцерогены – химические соединения, способные при воздействии на организм вызывать рак и другие злокачественные опухоли, а также доброкачественные новообразования. Механизм канцерогенного действия может быть связан как с прямым повреждением генома (генотоксические канцерогены), так его опосредованным повреждением (эпигенетические канцерогены). К безусловным канцерогенным веществам относятся: азатиоприн, азотистый иприт, винилхлорид, бензол, 2-нафтиламин, дихлордиметиловый эфир, бензидин; 4-аминобифенил, мышьяк и его соединения, хром и некоторые его соединения, сажа, асбест, табачный дым. К условным канцерогенным веществам для человека относят: акрилонитрил, 1,2-бензопирен, бериллий и его соединения, диметил- и диэтилсульфат, никель и некоторые его соединения, фенацетин, азотистые иприты, креозот.

В связи с многопрофильностью и многокомпонентностью комбинированного и комплексного воздействия на человека факторов техногенного характера измененной окружающей среды уделяется повышенное внимание установлению и оценке причинно-следственных связей в системе «здоровье человека - среда обитания». Прежде чем выполнить работу по установле-

нию причинно-следственной связи изменений здоровья людей с действием техногенных факторов среды обитания, следует качественно и оперативно собрать необходимую медико-экологическую информацию. Установление причинно-следственных связей в системе «среда обитания – изменение здоровья населения» осуществляется на основе предметного (логического, системного) анализа и программно-математических приемов обработки всей совокупности данных о показателях изменения здоровья населения и исследуемых факторов в среде обитания людей (географические информационные системы – ГИС, методы установления корреляционных связей и т.д.). При этом используются следующие способы выражения рассматриваемых связей применительно в основном к оценке опасности химического (как наиболее распространеного) фактора риска: доказательство связи загрязненного объекта окружающей среды предполагаемым химическим фактором с источником его загрязнения и обоснование механизма загрязнителя от источника через объект среды обитания к человеку (причинно-следственные связи с целью уточнения путей поступления в организм).

Научные исследования последних лет свидетельствуют о том, что наиболее распространенные химические факторы техногенного происхождения оказывают негативное воздействие на основные жизненно важные органы и системы с последующим формированием нарушений или заболеваний по приоритетно поражаемым системам. К числу таких систем относится система дыхания (заболевания органов дыхания с аллергокомпонентом – респираторный аллергоз, бронхиальная астма, астматический бронхит; хронические заболевания органов дыхания – рецидивирующий бронхит, хроническая бронхопневмония; заболевания ЛОР-органов – хронический тонзиллит, ринотонзиллопатия, адено tonsиллит, хронический фарингит), эндокринная система (нарушение функции щитовидной железы, роста и полового созревания, дефицит и избыток массы тела), система крови и кровеносных органов (анемия), сердечно-сосудистая система. Более подробно с информацией о критических органах и системах, воздействие на которые обусловлено техногенными химическими факторами, можно ознакомиться в руководстве

Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

Техногенное загрязнение окружающей среды оказывает выраженное воздействие на формирование популяционного здоровья населения, особенно в связи с изменением социально-экономических условий. Поэтому проблема неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья с каждым годом приобретает все большую актуальность.

Под воздействием техногенных факторов среды обитания (химических веществ или физических факторов) и в связи с проявляющимися характерными для действия того или иного причинного фактора симптомами и синдромами или иными неспецифическими отклонениями развиваются у населения экологически обусловленные заболевания. Приоритетным доказательством экологически обусловленной заболеваемости являются исследования по определению химических соединений в биологических средах человека.

#### **Тема 4. Техногенные биологические факторы среды обитания человека**

Революция в биологии на рубеже второго и третьего тысячелетий не только привела к развитию биотехнологии и новым достижениям в медицине, сельском хозяйстве и других отраслях экономики, но и создала научно-технологические предпосылки для разработки усовершенствованных биологических средств массового поражения, что, в свою очередь, делает их более привлекательными для достижения превосходства и поставленных целей.

*Биологическая опасность* – отрицательное воздействие биологических патогенов любого уровня и происхождения, создающих опасность в медико-социальной, технологической, сельскохозяйственной и коммунальной сферах.

*Безопасность биологическая* – состояние защищенности людей, сельскохозяйственных животных и растений, окружающей природной среды от опасностей, вызванных или вызываемых источником биолого-социальной чрезвычайной ситуации.



Выделяют следующие основные источники биологической угрозы:

- природные очаги опасных и особо опасных возбудителей инфекционных заболеваний человека, сельскохозяйственных животных и растений;
- аварии и диверсии на биологически опасных объектах;
- трансграничный перенос патогенных микроорганизмов, представителей флоры и фауны, опасных для экосистем;
- биологический терроризм;
- применение биологического оружия в военное время.

Основными источниками техногенных биологических факторов, способных причинить существенный вред здоровью людей и животных, вплоть до их гибели, а также ущерб обществу и экономике путем распространения опасных биологических агентов, являются:

1) экopatогены – совокупность факторов природного и техногенного происхождения, наносящие ущерб объектам окружающей среды;

2) опасные биологические агенты – патогенные микроорганизмы и паразитические организмы, вызывающие заболевания человека, животных, растений, разрушение материалов, резкое ухудшение качества окружающей среды;

3) токсины – это токсичные продукты микроорганизмов, природные яды животного или растительного происхождения либо их аналоги, полученные методами химического синтеза, белки, обладающие высокой биологической активностью и чрезвычайно токсичные для высших животных (рицин, дифтерийный токсин, ботулинический токсин и т. д.).

Несмотря на обширную информацию о механизме действия микроорганизмов, их воздействие на состояние здоровья человека все еще полностью не контролируется. Загрязненность объектов окружающей среды микроорганизмами и пылью органического происхождения на предприятиях биотехнологии, текстильной промышленности, на животноводческих и птицеводческих комплексах, а также на ряде других производств является важнейшим фактором, оказывающим негативное воздействие на здоровье работающих.

Регистрируется неуклонный рост числа заболеваний, вызванных условно-патогенными возбудителями, представителями обычной микрофлоры человека. Наблюдается возникновение многочисленных поствакцинальных осложнений в связи с повышенной сенсбилизацией организма человека. Возникают трудности при лечении многих заболеваний в связи с широким распространением в окружающей среде антибиотикоустойчивых микроорганизмов. Все возрастающие темпы урбанизации создают опасность недостаточно эффективного обезвреживания огромного количества сточных вод.

Различные компоненты биологического загрязнения могут приводить к прямому или косвенному негативному влиянию на здоровье людей. Непосредственное действие биологических факторов изучено достаточно хорошо и возможно при попадании их в организм людей с загрязненным воздухом, водой и растительными пищевыми продуктами (например, после обработки сельскохозяйственных культур микробными инсектицидами). Специфические заболевания, связанные с воздействием биологических агентов микробиотехнологических предприятий, проявляются в результате сенсбилизующего, иммунотоксического и дисбиотического действия на организм человека. Растительные продукты, загрязненные бактериальными инсектицидами, при определенных условиях могут вызывать пищевые токсикоинфекции.

Опосредованное неблагоприятное влияние на здоровье человека промышленных микроорганизмов заключается в том, что при массивном загрязнении этими штаммами почвы и воды водоемов в этих объектах природной среды происходит нарушение процессов самоочищения, разбалансировка микробиоценозов и увеличение сроков выживания патогенной микрофлоры. Все это способно привести к снижению плодородия почвы, резкому ухудшению санитарного состояния окружающей среды, нарушению экологического равновесия в природе и возникновению эпидемически опасных ситуаций.

Современная биотехнология имеет потенциальные возможности для обеспечения основных потребностей страны в широком спектре биотехнологических препаратов медицинского и ветеринарного назначения, в пищевых продуктах, средствах

защиты растений и биоудобрениях, в биопрепаратах для проведения природоохранных мероприятий и пр. Одновременно надо понимать, что биотехнологическое производство может представлять опасность для человека и экосистем, так как даже непреднамеренно в хозяйственный оборот и окружающую среду может быть выпущен опасный экопатоген с трудно прогнозируемыми последствиями. Принято считать, что 99% генно-инженерных организмов, используемых в исследовательских целях и в промышленности, не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье людей или окружающую среду. Тем не менее абсолютной безопасности в биотехнологии, как, впрочем, и в других отраслях деятельности человека, достичь невозможно. Утечка опасного биологического материала из научно-исследовательского учреждения при аварии и его использование в биопреступлении может привести к возникновению биологосоциальной чрезвычайной ситуации.

Наибольшую потенциальную угрозу национальной безопасности для любой страны представляет преднамеренное использование террористами природных или искусственно созданных (трансгенных) биологических агентов для поражения людей, животных, растений и других объектов. Непредсказуемость биотеррористических атак по времени, объекту, мотивам и используемому поражающему агенту, масштабам последствий выдвигают сегодня данную проблему на первый план. Дело в том, что существующие биологические угрозы (биопреступления, биокатастрофы, биотерроризм) приводят к разрушению социальной морали, экономической и политической нестабильности, наносят и будут наносить огромный вред экономике, здравоохранению и сельскому хозяйству. Несмотря на все эти теоретические постулаты и выводы из практики, в Концепции национальной безопасности Российской Федерации (принята в 1997 г.) отсутствуют указания на приоритетность решения задач биобезопасности. Как следствие политической недооценки важности решения проблем биобезопасности в Российской Федерации продолжают усугубляться следующие дестабилизирующие факторы:

- ухудшение экологической и санитарно-эпидемической обстановки;

- ослабление централизованной государственной системы обеспечения биобезопасности;
- сокращение объема фундаментальных и прикладных биологических исследований;
- нарастающее отставание от мирового уровня в темпах развития научного и промышленного секторов обеспечения биобезопасности;
- недостаточная обеспеченность населения страны лекарственными и диагностическими препаратами.

Таким образом, исходя из содержания обозначенных выше проблем обеспечения биологической безопасности Российской Федерации вынесены первоочередные меры политического, организационного, правового, научного, экономического, медицинского, оперативного, информационного, прогностического и образовательного характера по следующим основным направлениям:

- 1) Совершенствование законодательной базы в области обеспечения биобезопасности и ее гармонизация с международными аналогами.
- 2) Недопущение отставания в приоритетных направлениях современной биологической науки и биотехнологии.
- 3) Повышение информированности населения страны в сфере обеспечения биобезопасности.
- 4) Реализация комплекса научно-технических и производственных программ обеспечения биобезопасности.
- 5) Разработка и внедрение информационно- и прогнозно-аналитических систем обеспечения биобезопасности.
- 6) Создание новых, более совершенных средств обнаружения и защиты от биологических поражающих агентов.
- 7) Инвентаризация биологически опасных объектов и территорий и их паспортизация.
- 8) Контроль за соблюдением международных договорных обязательств в области биологической безопасности и участие в международных программах нераспространения оружия массового поражения и борьбы с терроризмом.

### **РАЗДЕЛ 3. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СРЕДУ ОБИТАНИЯ И ЧЕЛОВЕКА**

#### **Тема 1. Глобальные проблемы воздействия техногенных факторов на основные объекты среды обитания**

С точки зрения отношений с окружающей средой существование человеческой цивилизации по-прежнему остается крупнейшей экологической проблемой современности. В последние десятилетия действие техногенных факторов резко возросло, что привело к возникновению глобальных проблем загрязнения основных объектов среды обитания.

В наше время каждый житель планеты представляет себе всю серьезность существующих экологических проблем. Одни проблемы носят локальный характер, другие – оказывают влияние на жизнь региона или Земли в целом. Выдающийся русский ученый В.И. Вернадский писал, что «наука и техника превратили деятельность человека в особую геологическую силу, преобразовавшую всю поверхность Земли и существенно повлиявшую на биосферу. Изменилась структура и характер общественных процессов, весь образ жизни человека».

Каждая из глобальных (т. е. влияющих на всю планету) экологических проблем – комплексная, одна влияет на другую или на несколько других. Зачастую невозможно точно определить, та или иная проблема является причиной или следствием других. Численность населения Земли растет экспоненциально, и постоянное увеличение количества людей ведет к непрерывному повышению объемов производства пищи и энергии, использования природных ресурсов и усилению воздействия на биосферу Земли.

Увеличение количества всех видов транспорта, работающих на традиционных энергоносителях, способствует загрязнению атмосферы и, как следствие, почв и вод продуктами нефтепереработки, тяжелыми металлами, угарным газом и диоксидом углерода. Постоянно увеличивается количество как промыш-

ленных, так и бытовых отходов. Их сжигание приводит к попаданию в атмосферу большого спектра вредных веществ, в том числе диоксинов. Захоронение отходов ведет к замусориванию территории, загрязнению почв и грунтовых вод.

Атмосфера Земли загрязнена огромным количеством продуктов человеческой деятельности – промышленности, автотранспорта и коммунально-бытового хозяйства. Наиболее распространенные загрязнители воздуха: взвешенные частицы; летучие органические соединения; оксиды углерода, серы, азота; тропосферный озон; свинец и другие тяжелые металлы. Результат загрязнения атмосферы представлены на рис. 4.



Рис. 4. Последствия загрязнения атмосферы

**Фотохимический туман (смог)** – это многокомпонентная смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного

происхождения. Фотохимический смог образуется в результате фотохимических реакций при определенных условиях: наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов и других загрязнителей, интенсивной солнечной радиации и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной и повышенной не менее суток инверсии. Устойчивая безветренная погода, которая обычно сопровождается инверсиями, нужна для создания высокой концентрации реагирующих веществ. Такие условия возникают чаще в июне–сентябре и реже зимой.

**Кислотные осадки** формируются из-за попадания в атмосферу соединений серы и азота, основные источники которых – промышленность и транспорт. Кислотные осадки приводят к ухудшению качества вод и, следовательно, гибели обитателей водоемов. Они вызывают деградацию лесов, значительно снижают устойчивость деревьев к вредителям и болезням, увеличивают выщелачивание биогенов в почвах, что ведет к снижению плодородия.

Одна из наиболее серьезных проблем – **изменение климата**. Главные ее причины – накопление в атмосфере парниковых газов (в первую очередь диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , метана  $\text{CH}_4$ , тропосферного озона  $\text{O}_3$ , закиси азота  $\text{N}_2\text{O}$ , фреонов и некоторых других газов). Изменение климата может привести к серьезным последствиям: деградации земель в ряде регионов; потерям урожая; увеличению частоты и интенсивности ураганов и бурь, опасности наступления сильных паводков и засух; таянию части ледников: повышению уровня моря и изменению количества осадков; сокращению продуктивности Мирового океана.

С середины 1980-х гг. началось активное изучение проблемы **истощения озонового слоя**. Все живое на Земле защищено от жесткого ультрафиолетового излучения слоем озона в стратосфере. Увеличение проникновения ультрафиолетовых лучей ослабляет иммунитет человека, более 2/3 видов сельскохозяйственных культур страдают от повышения ультрафиолета, в океанах он убивает планктон – основу пищевых цепей. Озоновая «дыра» над Антарктидой захватывает все большие площади Южного полушария, появились озоновые «дыры» в Арктике,

наблюдается регулярное снижение содержания озона над средними северными и южными широтами. Основные вещества, способствующие разрушению озонового слоя, – хлорфторуглероды, используемые в холодильниках и аэрозольных товарах. На уменьшение озонового слоя влияют также разложение минеральных удобрений, полеты ракет и сверхзвуковых самолетов, ядерные взрывы.

Глобальные проблемы загрязнения гидросферы представлены на рис. 5.

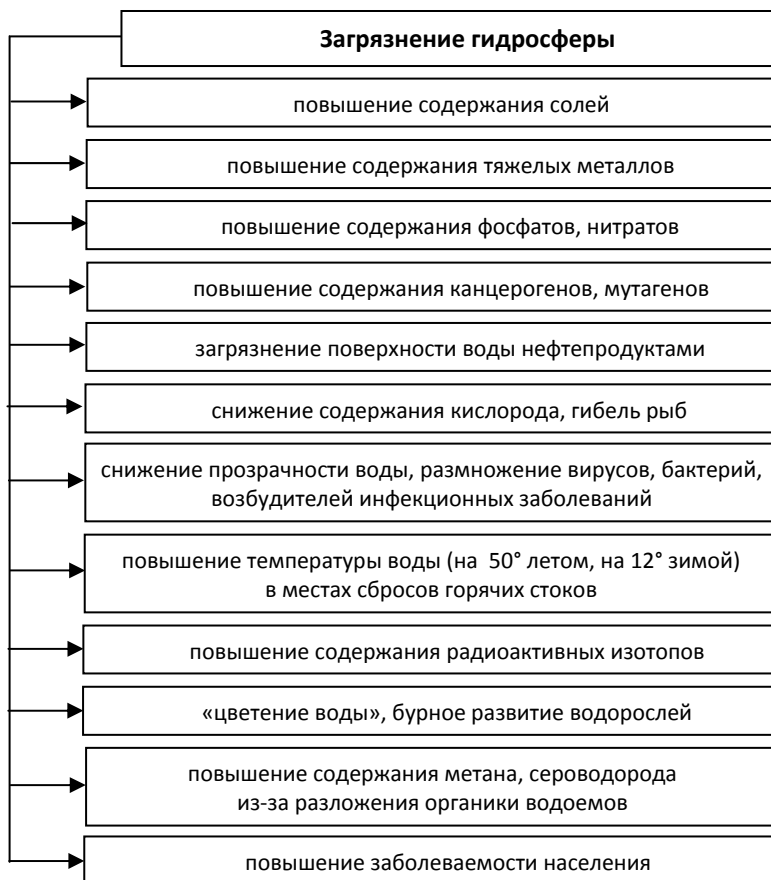


Рис. 5. Последствия загрязнения гидросферы



Наибольшее **загрязнение морских экосистем** происходит по причине разлива нефти в результате аварий танкеров, широких нефтедобывающих работ на шельфе, аварий на нефтепроводах. В Мировой океан со стоком рек, ливневыми стоками, аэрозолями и другими путями попадает большое количество загрязняющих веществ.

**Природные воды** суши во многих регионах загрязнены разнообразными химическими соединениями, попадающими с удобрениями, пестицидами, канализационными и промышленными стоками. Повышается уровень бактериального и теплового загрязнения вод. В реках и озерах погибают многие виды животных и растений.

**Грунтовые воды**, обычно обладающие прекрасным качеством и без всякой очистки удовлетворяющие требованиям стандартов по питьевой воде, загрязняются вредными химическими веществами свалок, подземных резервуаров и трубопроводов, пестицидами, удобрениями и др.

**Почвенный покров** планеты постоянно подвергается опасности. Самое разрушительное влияние на почву оказывает эрозия, причины которой – распашка и культивация, перевыпас и сведение лесов, засоление почв при орошении. В результате эрозии земля может терять плодородие до тех пор, пока не превратится в пустыню. Основные результаты загрязнения почв представлены на рис. 6.

**Сокращение площадей, занятых лесами.** Почти половина лесов, некогда покрывавших Землю, исчезла. Леса, ранее занимавшие более половины территории суши, в настоящее время покрывают 51,2 млн км<sup>2</sup> (37%). Ухудшились и качественный состав лесов, и продуктивность лесных насаждений. Значительно истощены запасы древесины наиболее ценных пород, исчезли или находятся под угрозой вымирания в связи с разрушением лесов и изменением их структуры тысячи видов животных и растений. Леса сводятся по трем основным причинам: освоение новых территорий под сельскохозяйственные культуры и пастбища; получение древесины для строительства, деревообрабатывающей и бумажной промышленности; получение топлива для приготовления пищи и обогрева, а также добыча полезных ископаемых, строительство и рекреационная нагрузка.



Рис. 6. Последствия загрязнения литосферы

Несмотря на то что каждая из обсуждавшихся здесь глобальных проблем имеет свои варианты частичного или более полного решения, существует некий набор общих подходов к решению проблем окружающей среды. Кроме того, за последнее столетие человечество разработало ряд оригинальных способов борьбы с собственными губящими природу недостатками.

К числу таких способов (или возможных путей решения проблемы) можно отнести возникновение и деятельность разного рода «зеленых» движений и организаций. Кроме пресловутого «Green Peace'a», отличающегося не только размахом своей деятельности, но и порой заметным экстремизмом действий, а также аналогичных организаций, непосредственно проводящих природоохранные акции, существует другой тип экологических

организаций – структуры, природоохранную деятельность стимулирующие и спонсирующие – типа Фонда дикой природы например. Все экологические организации функционируют в одной из форм: общественные, частные, государственные либо организации смешанного типа.

Кроме разного рода объединений, отстаивающих у цивилизации права постепенно уничтожаемой ею природы, в сфере решения экологических проблем существует целый ряд государственных или общественных природоохранных инициатив: например, природоохранное законодательство в России и других странах мира, различные международные соглашения или система «Красных книг».

В числе важнейших путей решения экологических проблем большинство исследователей выделяет также внедрение экологически чистых, мало- и безотходных технологий, строительство очистных сооружений, рациональное размещение производства и использование природных ресурсов.

**Закон о техническом регулировании** регулирует отношения, возникающие при установлении как обязательных требований, так и добровольных правил и характеристик в отношении продукции, процессов (методов) производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг, а также по оценке соответствия.

Документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования – технический регламент (в ред. Федерального **закона** от 21.07.2011 N 255-ФЗ)

**Технические регламенты** принимаются в целях:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей;) )
- обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Технические регламенты с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие:

- 1) безопасность излучений;
- 2) биологическую безопасность;
- 3) взрывобезопасность;
- 4) механическую безопасность;
- 5) пожарную безопасность;
- 6) безопасность продукции (технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте);
- 7) термическую безопасность;
- 8) химическую безопасность;
- 9) электрическую безопасность;
- 10) радиационную безопасность населения;
- 11) электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования;
- 12) единство измерений.

Технический регламент должен содержать правила и формы оценки соответствия (в том числе в техническом регламенте могут содержаться схемы подтверждения соответствия, порядок продления срока действия выданного сертификата соответствия), определяемые с учетом степени риска, предельные сроки оценки соответствия в отношении каждого объекта технического регулирования и (или) требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения. Технический регламент должен содержать требования энергетической эффективности и ресурсосбережения. Оценка соответствия проводится в формах государственного контроля (надзо-

ра), испытания, регистрации, подтверждения соответствия, приемки и ввода в эксплуатацию объекта, строительство которого закончено, и в иной форме (в ред. Федеральных законов от 01.05.2007 N 65-ФЗ, от 21.07.2011 N 255-ФЗ).

Для разработки проектов технических регламентов должны использоваться полностью или частично в качестве основы международные и национальные стандарты.

Целями стандартизации являются:

- повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, повышение уровня экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений;

- обеспечение конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости технических средств, технической и информационной совместимости, сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных, проведения анализа характеристик продукции, исполнения государственных заказов, добровольного подтверждения соответствия продукции;

- содействие соблюдению требований технических регламентов.

К документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

- национальные стандарты;
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;
- стандарты организаций;
- своды правил;
- международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

В соответствии с **Постановлением** Госстандарта РФ от 30.01.2004 № 4 национальными стандартами признаются государственные и межгосударственные стандарты, принятые Госстандартом России до 1 июля 2003 г. Национальные стандарты и предварительные национальные стандарты разрабатываются в порядке, установленном Федеральным законом от 21.07.2011 № 255-ФЗ). Национальные стандарты утверждаются национальным органом по стандартизации в соответствии с правилами стандартизации, нормами и рекомендациями в этой области (Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 № 184-ФЗ).

Как закреплено в Конституции Российской Федерации, каждый гражданин России имеет право на благоприятную окружающую среду и на достоверную информацию о ее состоянии, что означает право жить в такой окружающей среде (ОС), в которой не возникает угроз для его здоровья и условий деятельности. Это право обеспечивается нормированием качества ОС («экологическим нормированием»).

**Экологическое нормирование** – это установление показателей качества окружающей среды и предельно допустимых воздействий на нее, научная, правовая, административная деятельность, направленная на установление предельно допустимых норм воздействия (экологических регламентов, нормативов) на окружающую среду, при соблюдении которых не происходит деградации экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения.

Нормирование в области охраны окружающей среды – центральная идея Федерального закона «Об охране окружающей среды» (7-ФЗ от 26 июня 2007 г.), где подробно излагаются основы нормирования, требования к нормативам, нормативы, а также требования в области охраны ОС при осуществлении хозяйственной и иной деятельности при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервировании и ликвидации зданий, строений, сооружений и иных объектов, различных отраслей промышленности.

В природоохранной практике России экологическое нормирование фактически уже давно служит одной из основных

мер охраны окружающей среды, а введение государственных норм качества ОС и установление порядка нормирования хозяйственной деятельности на окружающую среду является важнейшей функцией государственного экоменеджмента.

Нормативы качества ОС устанавливаются для оценки состояния атмосферного воздуха, вод, почв по химическим, физическим и биологическим показателям. Если в атмосферном воздухе, воде или почве содержание, например, химического вещества не превышает соответствующий норматив его предельно допустимой концентрации, то состояние воздуха или почвы является благоприятным.

Таким образом, установленные в соответствии с требованиями законодательства нормативы качества ОС служат одним из главных юридических критериев для определения благоприятного состояния окружающей среды.

Экологическое нормирование в широком смысле представляет собой не только деятельность по установлению нормативов качества, но и деятельность по установлению нормативов воздействия человека на окружающую среду, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

В целях государственного регулирования хозяйственной деятельности, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды Законом «Об охране окружающей среды» (2002 г.), определена система природоохранных нормативов, которая включает:

- нормативы качества окружающей среды по химическим, физическим, биологическим показателям состояния компонентов окружающей среды и природных объектов с учетом природных особенностей территорий и акватории и целей использования;
- нормативы воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- нормативы качества окружающей среды, технологические нормативы на допустимые выбросы и сбросы;

- нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды в соответствии с природоохранными требованиями.

Конечная цель нормирования, как и Закона «Об охране окружающей среды»: обеспечение сбалансированного решения социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, обеспечения экологической безопасности.

В российском экологическом праве деятельность по подтверждению соответствия сертифицируемого объекта предъявляемым к нему экологическим требованиям определяется как экологическая сертификация.

**Экологическая сертификация** – это разработка, оформление и контроль использования экологических сертификатов – документов, выдаваемых государственными органами в соответствии с правилами системы экологической сертификации, удостоверяющих соответствие определенным экологическим стандартам и требованиям готовой продукции, технологии ее производства и жизненного цикла в целом

Объекты обязательной сертификации в Системе ГОСТ Р определены перечнями, утвержденными постановлениями Правительства РФ и номенклатурой, утверждаемой Госстандартом России. Проводится также добровольная сертификация:

- 1) объектов окружающей природной среды (прежде всего особо охраняемых природных территорий, а также природных объектов, предназначенных для использования);

- 2) природных ресурсов (почвы, древесины «на корню», семян, племенной продукции);

- 3) отходов производства и потребления (в особенности, опасных);

- 4) технологических процессов (с природными ресурсами и природоохранных);

- 5) товаров (работ, услуг), претендующих на экологическую этикетку или предназначенных для обеспечения экологической безопасности и предупреждения вреда окружающей среде (т. е. товары, работы и услуги природоохранного назначения).



Экологическая сертификация часто опирается на заключения экологической экспертизы или экологического аудита.

Одним из организационно-правовых механизмов, позволяющих осуществлять требуемое засвидетельствование (оценку) деятельности предприятия, является экологический аудит (экоаудит). Это вид деятельности, включающий в себя комплекс организационных, научных, методических мероприятий (действий), обеспечивающих проведение экологического аудита.

**Экологический аудит** – независимая, объективная вневедомственная оценка соответствия действующему природоохранному законодательству, нормативным и правовым актам, методическим и регламентирующим документам в области окружающей среды и природопользования деятельности хозяйствующих субъектов и состояния окружающей среды – объектов и экологического аудирования.

Экологический аудит представляет собой систематизированный процесс получения, изучения и оценки экологической информации об объекте аудита на основе осуществления независимой, вневедомственной проверки или о несоответствии определенным критериям.

**Экологическая экспертиза** – установление соответствия документов и(или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) является обязательной мерой охраны окружающей среды, которая предпринимается с целью проверки соответствия документов и документации, обосновывающих намечаемую деятельность, осуществление которой может оказывать вредное воздействие на объекты окружающей среды, существующим нормативно-методическим документам.

Помимо государственной в России существует еще и общественная экологическая экспертиза (ОЭЭ), которая фактически ничем не регламентируется и всецело зависит от решения

проводящего ГЭЭ органа, придающего заключению ОЭЭ юридическую силу.

Таким образом, законы являются средством закрепления государственной, в нашем случае экологической, политики и принимаются органом представительной ветви государственной власти по поводу определения политики государства в сфере взаимодействия общества и природы.

Основополагающим законом экологического права России как отрасли является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 4 мая 1999 г.

В Законе даны следующие основные определения:

- Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов;

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

- Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Следующим объемным законом рассматриваемой области является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 4 мая 1999 г. Он устанавливает, что гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха и предельно допустимые уровни физических воздействий на атмосферный воздух устанавливаются и пересматриваются в порядке, определенном Правительством Российской Федерации.

Вредное физическое воздействие на атмосферный воздух – вредное воздействие шума, вибрации, ионизирующего излучения, температурного и других физических факторов, изменяющих температурные, энергетические, волновые, радиационные и другие физические свойства атмосферного воздуха, на здоровье человека и окружающую природную среду.

Нормативы выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и предельно допустимые нормативы вредных физических воздействий на атмосферный воздух, методы их определения пересматриваются и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

## **Тема 2. Мониторинг как информационная основа эффективного управления техногенными факторами среды обитания**

Мониторинг – наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека.

Различают **3 главные ступени** мониторинга:

- глобальный биосферный (фоновый);
- региональный геосистемный, или природохозяйственный;
- локальный биоэкологический, или санитарно-гигиенический (городской).

Для успешного осуществления мониторинга начиная с 1972 г. на базе гидрометеорологической сети наблюдений, подразделений бывшего Минздрава СССР и других ведомств под руководством Госкомгидромета СССР была создана Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения природной среды (ОГСНК). В рамках ОГСНК действует сеть станций наблюдений за загрязнением атмосферы, воды водных объектов и почвы.

В соответствии с законом "Об охране атмосферного воздуха" на общегосударственную службу наблюдений и контроля за уровнем загрязнения природной среды возлагается обязанность по обеспечению заинтересованных государственных и общественных органов, предприятий, учреждений и организаций систематической информацией и прогнозами об уровнях загрязнения атмосферы, обусловленных хозяйственной деятельностью человека и метеорологическими условиями.

**Решение этой задачи включает в себя:**

- 1) наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы;

2) оценку уровня загрязнения и его изменений под влиянием хозяйственной деятельности и метеорологических условий;

3) прогноз ожидаемых изменений качества воздуха за длительный период.

**Мониторинг загрязнения атмосферы** осуществляется по следующим направлениям:

- Организация и проведение мониторинга (выбор мест наблюдения, программа работ, проведение измерений).

- Анализ отобранных проб воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова.

- Сбор, обработка, статистический анализ и предоставление информации заинтересованным организациям.

Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава; от высоты, на которой осуществляются выбросы; от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ.

Источники загрязнения атмосферы различаются:

- по мощности выброса:

- *мощные* (металлургические и химические производства, теплоэлектростанции, заводы строительных материалов);

- *крупные*;

- *мелкие* (котельные, пищевая промышленность, легкая и др.);

- высоте выброса:

- *низкие* (выброс ниже 50 м);

- *средние* (на уровне 50 м);

- *высокие* (выше 50 м);

- температуре выходящих газов:

- *нагретые* (температура газовой смеси выше 50°);

- *холодные* (температура газовой смеси ниже 50°).

В выбросах различных предприятий промышленности и автотранспорта содержится большое количество вредных примесей: пыль, фенол, формальдегид, окись углерода, окислы азота, серы, свинец, хлор, сероводород, производные мышьяка, фосфора, аммиак.

С целью ограничения выбросов загрязнения в атмосферу для каждого предприятия и источника выбросов устанавливаются нормы *предельно допустимых выбросов (ПДВ)*, т. е. выброс, при котором в районе расположения данного источника с учетом влияния соседних источников концентрации примесей в атмосфере не превышает ПДК.

**Уровень загрязнения** атмосферы существенно зависит от климатических условий:

- направления, условий переноса и распространения примесей в атмосфере;
- интенсивности солнечной радиации, определяющей фотохимические превращения примесей и возникновение вторичных загрязнений воздуха;
- количества и продолжительности атмосферных осадков, приводящих к вымыванию примесей из атмосферы.

В связи с этим при оценке эффективности выполнения мероприятий по охране атмосферы недостаточно иметь только сведения о сокращении выбросов. Требуется достоверная информация за длительный период о содержании примесей в атмосфере и климатических условиях распространения примесей в атмосфере.

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах изложены в соответствии с ГОСТ 17.2.0.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов".

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. *Постом наблюдения* является выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль, оборудованные соответствующими приборами.

Устанавливаются посты наблюдений трех категорий:

- *стационарный* пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливаются в заранее выбранных местах;
- *маршрутный* пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно установить стационарный

пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения атмосферы в отдельных районах, например в новых жилых районах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, которая оснащена необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливаются в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4-5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы обеспечить определение концентраций примесей в постоянные сроки;

- *передвижной (подфакельный)* пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Наблюдения под факелом предприятия проводятся также с помощью оборудованной автомашины. Подфакельные посты представляют собой точки, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выбросов.

Эффективность наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы в городе зависит от правильности расположения поста на обследуемой территории.

Если необходимо установить уровень загрязнения воздуха, то пост должен быть расположен на таком участке местности, который не подвергается воздействию отдельно стоящих источников выбросов. Благодаря значительному перемешиванию городского воздуха уровень загрязнения в районе поста будет определяться всеми источниками выбросов, расположенными на исследуемой территории.

В случае же если необходимо определить концентрацию примесей в конкретной точке, находящейся под влиянием выбросов отдельного промышленного предприятия, крупной автомагистрали, то пост размещается в зоне максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: на асфальте, твердом грунте. Если пост размесить на закрытом участке (вблизи высоких зданий, под деревьями),

то он будет занижать реальный уровень загрязнений из-за поглощения газов зеленью или завышать из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ вблизи строений.

Перед размещением стационарного и маршрутного поста обязательно предварительное исследование загрязнений воздушной среды города:

- промышленными выбросами;
- выбросами автотранспорта;
- бытовыми и другими источниками;
- изучение метеорологических условий рассеивания примесей, при этом обязательно учитывается повторяемость направления ветра над территорией города.

Если повторяемость таких направлений ветра велика, то зона наибольшего среднего уровня загрязнения будет формироваться в 2–4 км от основной группы предприятий.

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

К числу наиболее загрязненных районов относятся зоны наибольших максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами промышленных предприятий (такие зоны находятся в 0,5–2 км от низких источников выбросов и в 2–3 км от высоких), а также магистрали интенсивного движения транспорта, поскольку влияние автомагистрали обнаруживается лишь в непосредственной близости от нее (на расстоянии 50–100 м).

Число стационарных *постов* определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, рассредоточенности мест отбора.

В зависимости от численности населения устанавливаются:

- пост – до 50 тыс. жителей;
- 2 поста – 50–100 тыс. жителей;
- 3 поста – 100–200 тыс. жителей;

- 5 постов – 200–500 тыс. жителей;
- 5–10 постов – более 500 тыс. жителей;
- 10–20 постов (стационарные и маршрутные) – более 1 млн жителей.

При подфакельных наблюдениях место отбора проб выбирают с учетом ожидаемых наибольших концентраций примесей на расстояниях 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 км от границы санитарно-защитной зоны и конкретного источника загрязнения с подветренной стороны от него. За пределами СЗЗ общее количество мест наблюдений устанавливается с учетом мощности источника и технической возможности проведения измерений.

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из 4 программ наблюдений:

- полной (П);
- неполной (НП);
- сокращенной (СС);
- суточной (С).

- *Полная программа* предназначена для получения сведений о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по П программе выполняются ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или через равные промежутки времени не менее 4 раз при обязательном отборе в 1,7, 13, 19 ч по местному времени.

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

- По *сокращенной программе* наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного времени. Наблюдения по СС программе допускаются при температуре воздуха не ниже  $-45^{\circ}\text{C}$  и в местах, где среднемесячные концентрации ниже  $1/20$  максимальной разовой ПДК. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику в 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу. На основании этого получают разовые концентрации.

- *Программа суточного отбора* предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. При этом



проводится непрерывный суточный отбор проб, не позволяющий получать разовые концентрации.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температура воздуха, состояние погоды и почвы.

Наблюдения на маршрутных постах, как и на стационарных постах, проводятся по полной, неполной и сокращенной программе. Для этого типа постов разрешается смещение сроков наблюдения на 1 ч в обе стороны от стационарных сроков.

Сроки наблюдения на стационарных постах должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных с особенностями режима выбросов и метеоусловий рассеивания примесей, и они могут отличаться от сроков наблюдений на стационарных и маршрутных постах.

В период неблагоприятных метеоусловий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения (ВЗ), проводят наблюдения через каждые 3 ч. При этом отбирают пробы на территории наибольшей плотности населения на стационарных или маршрутных постах или под факелом основных источников загрязнения.

При определении приземной концентрации примеси в атмосфере отбор проб и измерение концентрации примеси проводятся на высоте 1,5-2 м от поверхности земли.

Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций примесей составляет 20–30 мин.

Продолжительность отбора проб воздуха для определения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ при наблюдении по полной программе составляет 20–30 мин в сроки 1, 7, 13 и 19 ч, при непрерывном отборе проб – в течение 24 ч.

В атмосферный воздух города поступает большое количество различных вредных веществ. Повсеместно выбрасываются такие вещества, как пыль, диоксид серы, окислы азота, оксид углерода, которые называют основными веществами, а также различные специфические вещества, которые выбрасываются отдельными предприятиями.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от

источников загрязнений в городе и метеорологических условиях рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь. На основании установленного перечня веществ, подлежащих контролю, в каждом городе определяются вещества для организации наблюдений на постах.

Кроме веществ, приоритет которых установлен по специальной методике, в обязательный перечень контролируемых веществ в городе включаются:

- *растворимые сульфаты* – в городах с населением более 100 тыс. жителей;
- *формальдегид и соединения свинца* – в городах с населением более 500 тыс. жителей, т. к. эти примеси выбрасываются в большом количестве автотранспортом;
- *металлы* – в городах с предприятиями черной и цветной металлургии;
- *бенз(а)пирен* – в городах с населением более 100 тыс. жителей и в населенных пунктах с крупными источниками выбросов;
- *пестициды* – в городах, расположенных вблизи крупных с/х территорий.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается на реже 1 раза в 3 года.

При подфакельных измерениях наблюдения за основными примесями не проводятся, т. к. трудно выделить вклад исследуемого источника в уровень загрязнения воздуха этими примесями. Под факелом предприятия выполняются наблюдения за специфическими вредными примесями, характерными для выбросов этого предприятия. Программа наблюдений при этом составляется так, чтобы число измерений концентрации или данной примеси за год на каждом заданном расстоянии от источника было не менее **50**. Эпизодические обследования небольших населенных пунктов по специальным программам должны проводиться так, чтобы обеспечить за период обследо-

вания населенного пункта не менее 200 наблюдений за концентрацией каждой примеси.

Измерения уровня загрязнения атмосферы, обусловленного выбросами автотранспорта, проводятся либо в комплексе с измерением загрязнений выбросами промышленных источников, либо самостоятельно; при этом в воздухе определяют основные компоненты, содержащиеся в выхлопных газах: оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, акролеин, формальдегид, соединения свинца и продукты их фотохимического окисления (озон и др.).

При этом организуют специальные наблюдения, в результате которых определяют:

- максимальные значения концентраций основных примесей, выбрасываемых автотранспортом, периоды их поступления в атмосферу при разных метеоусловиях и интенсивности движения;
- границы зон и характер распространения примесей по мере удаления от автомагистрали;
- особенности распространения примесей в жилых кварталах и в зеленых зонах, примыкающих к автомагистрали;
- особенности распределения транспортных потоков по магистралям города.

Наблюдения проводят во все дни рабочей недели ежедневно с 6 до 13 ч или с 14 до 21 ч, чередуя дни с утренними или вечерними сроками. В ночное время наблюдения проводятся 1-2 раза в неделю.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах в районах с интенсивным движением транспорта и располагаются на различных участках улиц в местах, где часто производится торможение автомобилей и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей. Кроме этого, пункт контроля организуется в местах скопления примесей за счет слабого рассеивания (под мостом, в туннеле, на дорогах с многоэтажной застройкой).

Приборы размещают на тротуаре, на середине разделительной полосы автомагистрали, за тротуаром на расстоянии 1/2 ширины проезжей части одностороннего движения. Пункт, наиболее удаленный от автомагистрали, должен располагаться не менее чем в 0,5 м от стены здания.

В кварталах сплошной застройки места выбираются в центре внутриквартального пространства.

Интенсивность движения определяется путем учета числа проходящего транспорта, который делится на 5 основных категорий: легковые, грузовые автомобили, автобусы, дизельные автобусы и автомобили, мотоциклы – ежедневно в течение 2-3 недель в период с 5-6 ч до 21-23 ч, а на транзитных автомагистралях – в течение суток. Подсчет количества транспортных средств проводится в течение 20 мин каждого часа, а в 2-3-часовые периоды наибольшей интенсивности движения автотранспорта – каждые 20 мин. Средняя скорость движения транспорта определяется по спидометру автомобиля, движущегося в потоке транспорта на участке от 0,5 до 1 км. На основе этого вычисляется значение интенсивного движения автотранспорта в течение суток в каждой точке наблюдения.

Рост выбросов вредных веществ в атмосферу в результате процессов индустриализации и урбанизации ведет к увеличению содержания примесей на значительном расстоянии от источников загрязнения и к глобальным изменениям в составе атмосферы, что, в свою очередь, может привести к нежелательным последствиям, в том числе к изменению климата.

В связи с этим необходимо определять и постоянно контролировать уровень загрязнения атмосферы вне зоны непосредственного действия промышленных источников.

Для этого была создана в 60-е гг. мировая сеть станций мониторинга фоновых загрязнений атмосферы (БаПМОН).

Острота проблемы нарастала, и в 70-е гг. создана Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС), предназначенная главным образом для наблюдения за фоновым состоянием биосферы в целом, в первую очередь за процессами ее загрязнения.

Система комплексного мониторинга в нашей стране включает: станции комплексного фоновых мониторинга (СКФМ) и региональные аналитические лаборатории.

СКФМ ответственны за отбор проб, их отправку в региональную аналитическую лабораторию, анализ проб на СКФМ и своевременную передачу информации в региональную аналитическую лабораторию.

Региональная аналитическая лаборатория фоновых мониторингов осуществляет анализ проб, передачу данных в научно-методический центр, инспекционный контроль работы СКФМ, внедрение новых методов, разработанных научно-методическим методом.

Программы наблюдений БаПМОН на станциях включают в себя систематическое измерение содержания загрязняющих веществ одновременно во всех средах с целью комплексного изучения содержания загрязняющих веществ в компонентах экосистем (воздух, осадки, почва, вода, растительность).

С целью постоянного наблюдения за фоновым состоянием окружающей среды в целом была создана Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС), направления которой включают:

- а) мониторинг воздуха;
- б) мониторинг качества воды;
- в) мониторинг продуктов питания.

**Цели мониторинга по программе ГСМОС/вода:**

- определение качества естественных пресных вод при отсутствии влияния человека;
- определение тенденций в критических уровнях показателей качества воды ресурсов пресных вод;
- определение токсических химических веществ, питательных элементов, взвешенных твердых частиц и прочих загрязняющих веществ в крупных реках, особенно на границе раздела континент – океан.

Программой ГСМОС/вода выделено 7 аспектов загрязнения, имеющих глобальную значимость:

1) Органические отходы канализационных сбросов и агропромышленные стоки.

2) Эвтрофикация поверхностных вод (т. е. обогащение) в результате привноса питательных веществ и органики, а значит, увеличивается продуктивность вод и, следовательно, загрязненность.

3) Районы ирригации (орошения), которым угрожает засоление и возвратный сток загрязненных ирригационных вод.

4) Применение ядохимикатов, пестицидов, удобрений, приводящее к загрязнению поверхностных вод.

5) Промышленные стоки, в которых много токсичных органических и неорганических веществ.

6) Стоки горных разработок и продукты выщелачивания отходов обогащения, оказывающие большое влияние на поверхностные и подземные воды.

7) Увеличение кислотности озер, рек и подземных вод в результате атмосферного переноса загрязняющих веществ.

Задачи, относящиеся к деятельности и контролю включают:

- Выявление нуждающихся в улучшении территорий и оценка безотлагательных требуемых мер.
- Защита водопользователей путем определения эффективности мер контроля для поддержания и улучшения качества воды.
- Измерение изменений качества воды.
- Оценка эффекта, вызванного изменением компонентов загрязнения водной системы.
- Определение качества воды в случае трансграничного ее переноса.
- Оценка суммарного речного стока загрязняющих веществ в морские воды на границе смешивания пресной и морской воды.

Сбор проб поверхностных вод осуществляется двумя типами отборов:

1. Черпательные пробы – пробы, отбор которых производится в выбранном месте, на определенной глубине и в определенное время и которые затем подвергаются анализу по интересующим параметрам.

2. Составные пробы – это пробы, которые позволяют оценить среднее состояние качества воды за период, в течение которого она отбиралась. Такую пробу получают путем смешивания в одном флаконе нескольких черпательных проб в равных объемах, затем анализируют по интересующим показателям. Параметрами, измеряемыми сразу при отборе проб или в течение 4 ч являются: рН среды, удельная электропроводимость, растворенный кислород, прозрачность, температуры.

Основной целью осуществления **мониторинга почвы** является контроль за соблюдением гигиенических нормативов со-

держания экзогенных химических веществ в почве, а также регламентов применения пестицидов, минеральных удобрений, норм расхода, кратностей обработок почвы, соблюдения СЗЗ.

Если на изучаемой территории несколько источников загрязнения, то необходимо выделять опытные участки около каждого загрязняющего внешнюю среду объекта. Если нет видимых источников загрязнения, то следует выделять участки с учетом рельефа местности. На каждом выделенном участке намечают 5 точек для забора проб.

Если нужно изучить распространение химических веществ в глубину почвы (при установлении источника загрязнения грунтовых вод, закономерностей миграции химических и бактериальных загрязнений на глубину почвы), то пробы отбирают послойно с разных глубин: 0-0,25; 0,25-0,5 и до глубины 2 м.

Если необходимо определить степень опасности почвы сразу после внесения химических веществ на ее поверхность, а также при определении остаточных количеств в ЭХВ для сравнения с предельно допустимым уровнем воздействия, то пробы отбирают с самого поверхностного слоя.

Для изучения распределения концентрации металлов в почве по глубине пробы отбирают из почвенных разрезов, сделанных до глубины 1,5–2 м. Почвенный разрез закладывают вблизи от источника загрязнения (5 км) и на участке, не подверженном его влиянию.

В дополнение к физическому и химическому мониторингу качества среды обитания используется биологический мониторинг.

**Биологический мониторинг** изучает действие, оказываемое на пресноводные сообщества и отдельные организмы, позволяет количественно оценивать такие процессы, как, например, первичная продуктивность водорослей, структура сообщества или уровни загрязнения отдельных организмов.

Для изучения влияния деятельности человека на водную среду могут быть использованы многие биологические методы: определение биомассы фитопланктона путем определения хлорофилла А; простые коэффициенты биологического разнообразия и метод использования тканей растений и животных для мо-

ниторинга специфических загрязнителей. Представленные методы являются лишь самыми общими для мониторинга.

Для оценки качества среды обитания разрабатываются новые методы анализа, ориентированные на определение содержания химических веществ в биологических средах организма.

Информация, необходимая для проведения биомониторинга:

1. Наличие аналитического метода определения массовой концентрации химического вещества в биосубстрате человека, в котором осуществляется нормирование, с достаточной чувствительностью и точностью.

2. Распространенность в объектах внешней среды и вероятность воздействия на человека: объем вещества, поступающего в объекты внешней среды (атмосферный воздух, питьевая вода, вода открытых водоемов, почва, пищевые продукты).

3. Качество объектов среды обитания по фактическим концентрациям химических веществ.

4. Информация относительно количественной зависимости «химическая структура – биологическая активность».

5. Возможность комплексного поступления химического вещества в организм человека из окружающей среды одновременно несколькими путями.

6. Биологическая роль вещества в организме: эссенциальная, условно-эссенциальная, неустановленная роль, отсутствие биологической роли (чужеродность для организма).

7. Сведения об опасности для здоровья человека.

8. Сведения о биологическом субстрате, в котором нормируется и контролируется содержание вещества (кровь, моча, волосы и т. д.).

9. Существующие гигиенические нормативы (референтные уровни) содержания в объектах среды обитания, референтные уровни в биологических средах.

Количественное определение ряда химических веществ в биосредах осуществляется в соответствии с методическими указаниями, действующими в Российской Федерации. Например, МУК 4.1.765-99. Газохроматографический метод количественного определения ароматических (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) углеводородов в биосредах (кровь).



При отсутствии метода количественного определения нормируемого химического вещества в крови необходима его разработка и утверждение в соответствии с порядком, установленным на территории РФ.

Полученная величина концентрации химического вещества в крови по каждому наблюдению сопоставляется с референтной концентрацией согласно Клиническому руководству по лабораторным тестам (2003 г.) – для металлов; с фоновыми значениями, установленными для региона, – для органических соединений. Сравнение количественных величин в случае нормального распределения показателей проводится с использованием двухвыборочного критерия Стьюдента ( $t$ ). Различия являются статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

### **Тема 3. Гигиеническое регламентирование и контроль**

В исследованиях по экологии человека чрезвычайно важная роль принадлежит изучению качества окружающей среды, т. е. степени соответствия природных, экономических, политических, социальных, эколого-гигиенических факторов потребностям людей. Чтобы объективно судить о качестве жизненной среды человека, надо ее измерить (путем технических измерений, экспертных оценок и теоретических расчетов) и сравнить полученные результаты с имеющимися эталонами, т. е. разработанными нормативами.

Для обеспечения эколого-гигиенической безопасности населения России разработаны государственные стандарты, строительные нормы и правила, правила охраны труда и другие нормативные акты. Кроме того, существуют распорядительные технические, инструктивные, методические, а также официальные документы по вопросам обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, безопасности и безвредности среды обитания для жизнедеятельности населения и для его здоровья. Эти документы издаются федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления. Нормативы, стандарты и регламенты зафиксированы в соответствующих документах, утвержденных различными министерствами и ведомствами.

Наиболее часто используются следующие нормативы:

- экологические;
- водохозяйственные;
- рыбохозяйственные;
- лесохозяйственные;
- санитарно-гигиенические;
- нормы радиационной безопасности;
- строительные нормы и правила.

При разработке экологических нормативов важен принцип презумпции экологической опасности – признание факта угрожающего воздействия на окружающую среду или человека на основе косвенных свидетельств такой опасности (даже при отсутствии строгих научных доказательств). Любое воздействие и любой фактор признаются экологически опасными до тех пор, пока не будет научно доказана их безопасность.

Нормирование качества окружающей среды – это установление пределов, в которых допускается изменение ее естественных свойств. Обычно норма определяется по реакциям самого чуткого к изменениям среды вида организмов (организма-индикатора), но могут устанавливаться также санитарно-гигиенические и экономически целесообразные нормативы.

**Экологическое нормирование** – научная, правовая, административная деятельность, направленная на установление предельно допустимых норм воздействия (экологических регламентов, экологических нормативов) на окружающую среду, при соблюдении которых не происходит деградации экосистем, гарантируются сохранение биологического разнообразия и эколого-гигиеническая безопасность населения. Иными словами, экологическое нормирование – деятельность, в результате которой происходит обоснование экологических норм (в том числе нормативов). Под экологическим нормативом понимают величину техногенной нагрузки, рассчитанной на основании экологических регламентов и получившей правовой статус.

Изменения или стабильность окружающей среды зависят от факторов, которые воздействуют или могут на нее воздействовать. Поэтому нормативы, содержащие их предельные характеристики, должны соблюдаться в любом случае во избежание нарушения ее качества. Нормативы предельно допустимых вы-

бросов, сбросов и вредных микроорганизмов, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения. Обязательно принимают в расчет действующие нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в окружающей природной среде. Предельно допустимые нормы применения минеральных удобрений, средств защиты растений, стимуляторов роста и других агрохимикатов в сельском хозяйстве определяются в дозах, обеспечивающих соблюдение нормативов предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания, охрану здоровья, сохранение генофонда.

Таким образом, большое теоретическое и практическое значение приобретает представление о предельно допустимых концентрациях загрязняющего вещества (ПДК). Это экологический норматив, предусматривающий максимальную концентрацию загрязняющего химического вещества в компонентах ландшафта, которое при повседневном влиянии в течение длительного времени не вызывает негативных воздействий на организм человека или другого реципиента. В зависимости от объекта загрязнения различают:

1) ПДК – максимальная концентрация загрязняющего вещества в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или при воздействии на протяжении всей жизни человека не оказывает вредного влияния на него и на окружающую среду в целом (включая отдаленные последствия);

2) ПДК – максимальная концентрация загрязняющего вещества в воде, при которой вещество не оказывает прямого или опосредованного влияния на здоровье человека (при воздействии на организм в течение всей жизни) и не ухудшает гигиенических условий водопользования;

3) ПДК – максимальная массовая доля загрязняющего вещества в почве, не оказывающая прямого или косвенного влияния (включая отдаленные последствия) на окружающую среду или здоровье человека. В списках ПДК, как правило, указываются также класс опасности загрязняющего вещества и лимити-

рующий показатель вредности (в первом случае, кроме того, приводится временной интервал, к которому отнесен норматив).

Качество природных вод в значительной степени зависит от поступления в водоемы загрязненных сточных вод. Для их регламентирования используют величину предельно допустимого сброса (ПДС). С целью обеспечения норм качества воды на контрольном пункте водного объекта измеряют массу вещества из сточных вод, максимально допустимую к отведению в установленном режиме за единицу времени. Лимит по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей (ПДС) устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования). Показатели, обеспечивающие экологическое благополучие водных объектов и необходимые условия для охраны здоровья населения и водопользования, зафиксированы в нормах охраны вод (ГОСТ 17.1.1.01–77).

**Рыбохозяйственные ПДК.** Качество природных вод нормируется по показателям, которые обеспечивают оптимальное ведение рыбного хозяйства. Рыбохозяйственные ПДК нормируют концентрацию загрязняющего вещества в воде, при постоянном воздействии которой не наблюдается гибели рыб и организмов, служащих кормом для рыб. Не происходит исчезновения тех или иных видов рыб из ранее пригодного для их жизни водоема, а также замены на малоценные или не имеющие кормового значения организмы.

**Санитарно-гигиеническое нормирование.** Концепция этого нормирования (регламентирования) факторов окружающей среды имеет прежде всего профилактическую направленность и призвана предупреждать неблагоприятное воздействие факторов риска на человека. Цель гигиенического нормирования – объективное обоснование пределов интенсивности и продолжительности воздействия вредных факторов окружающей среды, при которых они безопасны для человека.

На основе санитарно-гигиенического подхода разрабатываются нормативы техногенного воздействия на окружающую человека природную среду и нормативы качества этой среды.

К санитарно-гигиеническим нормативам относятся: 1) гигиенические и противоэпидемические требования по обеспече-

нию здоровья населения, профилактики заболеваний человека, благоприятных условий его проживания, труда, быта, отдыха, обучения и питания; 2) оптимальные и предельно допустимые уровни влияния среды обитания человека на его организм, в том числе ПДК, ПДВ, ПДС и др.; 3) гигиенические и эпидемиологические критерии безопасности и безвредности отдельных факторов среды обитания человека для его здоровья: предельно допустимая концентрация (ПДК), предельно допустимый выброс (ПДВ), предельно допустимый сброс (ПДС), временно согласованные выбросы (ВСВ), предельно допустимая доза (ПДД) и ряд других; 4) санитарные правила и нормы, объединяющие требования отдельных санитарных правил, норм и гигиенических нормативов.

Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы регулируют деятельность предприятий, организаций, учреждений, отдельных отраслей народного хозяйства, обеспечивая санитарно-гигиеническое и эпидемиологическое благополучие населения. Санитарно-гигиенические и эпидемиологические правила и нормы устанавливают критерии безопасности для человека продовольственного сырья, пищевых продуктов и питьевой воды, товаров народного потребления и окружающей природной среды (атмосферного воздуха, воды и почвы).

Государственное регулирование в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения зафиксировано в законе Российской Федерации от 30 марта 1999 г. (№ 52-ФЗ, гл. 5, ст. 37).

Гигиеническое нормирование началось с химических факторов. Именно химическое загрязнение производственной среды, воды, воздуха, почвы представляло наибольшую опасность для здоровья человека в условиях индустриализации страны и быстрого развития всех отраслей промышленности, в том числе химической.

Первые гигиенические нормативы содержания химических веществ в воздухе производственных помещений были разработаны в 1920-е гг. Разработка основ методологии гигиенического регламентирования факторов окружающей среды вне производственных условий началась несколько позже, в 1930-е гг. При этом решались неотложные задачи по улучшению sani-

тарной и эпидемиологической ситуации в стране, разрабатывались научно обоснованные мероприятия по санитарной охране источников питьевого водоснабжения, почвы и атмосферного воздуха, создавались основы рациональной планировки населенных мест и размещения промышленных предприятий.

В этот период началось экспериментальное изучение влияния на теплкровный организм различных факторов окружающей среды с целью определения их недействующих доз и концентраций по наиболее чувствительным показателям и установление гигиенических нормативов. Эти исследования стали основой концепции гигиенического регламентирования качества окружающей среды в интересах охраны здоровья населения.

При обосновании гигиенических регламентов применяется комплекс биохимических, иммунологических, морфологических, физиологических и других методов исследования, позволяющих выявлять ранние предпатологические изменения функций и показателей организма.

Существуют общие принципы, заложенные в методические схемы гигиенического регламентирования качества окружающей среды, и частные – для разных объектов среды. Это связано со спецификой способа воздействия (путь поступления, режим воздействия и т.д.) на человека и свойствами самого фактора.

Научной основой санитарной охраны объектов окружающей среды населенных мест в нашей стране служат гигиенические нормативы (регламенты) предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, водных объектах, почве, пищевых продуктах, в жилых и общественных зданиях и других объектах.

Концентрации, определяемые в одной и той же точке, но с различной степенью осреднения по времени отбора проб, могут иметь существенное различие. Поэтому понятие ПДК используется с указанием степени осреднения по времени: мгновенная, среднесуточная, среднемесячная, среднегодовая. ПДК каждого периода осреднения имеют свое самостоятельное значение как для предупреждения различных неблагоприятных эффектов у людей, так и в целях планирования и осуществления мероприятий по охране воздуха долговременного и оперативного характера.

В настоящее время обосновано большое число нормативов, которое постоянно увеличивается. Так, предельно допустимые концентрации установлены в воде водоемов более чем для 1000 вредных веществ, в атмосферном воздухе – более чем для 500, в почве – более чем для 50, в пищевых продуктах – более чем для 100, в воздухе производственных помещений – более чем для 1500 загрязняющих веществ. Кроме того, научно обоснованы размеры санитарно-защитных зон, допустимые уровни вибрации и шума, предельно допустимые уровни электромагнитной энергии для населенных мест и многие другие регламенты.

**Гигиеническое нормирование качества атмосферного воздуха.** Разработана и соблюдается максимальная разовая ПДК<sub>м.р.</sub> загрязняющего вещества в воздухе населенных мест. Она при вдыхании в течение 20 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека. Существует еще *допустимая концентрация* (среднесуточная) ПДК<sub>с.с.</sub> загрязняющего вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

При экологической оценке влияния промышленных объектов на атмосферу используется *предельно допустимый выброс* (ПДВ), учитывающий максимальную массу вещества в отходящих газах за единицу времени. Она устанавливается исходя из условия, что содержание загрязняющего вещества в приземном слое воздуха от источника или нескольких источников не должно превышать нормативов качества воздуха (ПДК) для населения, животного и растительного мира (ГОСТ 17.2.1.04–77). Норматив ПДВ стал обязательным для предприятий и организаций, получающих от государственных органов разрешение на выброс в окружающую среду.

Регламентирование химических веществ в атмосферном воздухе, отличающихся более низкими концентрациями по сравнению с воздухом производственных помещений, имеет свои особенности. Оно связано с относительностью действующих пороговых величин, которые зависят от многих причин, как физических (режима и длительности поступления, агрегатного

состояния), так и биологических (физиологическое состояние организма, адекватности избранных показателей и т.д.). Регламентирование учитывает кратковременные воздействия химических соединений на обонятельную функцию человека, чтобы установить порог ощущения запаха и недействующих концентраций, а также рефлекторные реакции человека.

По мере изучения рефлекторных влияний атмосферных загрязнений было выявлено, что их субсенсорные (не обнаруживаемые по запаху) концентрации могут вызывать определенные функциональные изменения в зрительном анализаторе и коре головного мозга. Именно эти изменения обусловили необходимость обоснования *максимальных разовых* ПДКм.р. атмосферных загрязнений.

Одновременно изучается общетоксическое действие загрязнений атмосферного воздуха. Эти исследования служат основой для установления *среднесуточной* ПДКс.с. атмосферных загрязнений.

С 1998 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается согласно нормативу «Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений, санитарная охрана воздуха. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы» (ГН 2.1.6.695–98). В этом нормативе приведены ПДК для 589 веществ, выбрасываемых в атмосферу, и еще 38 веществ, отнесенных к числу веществ, выброс которых в атмосферный воздух запрещен.

Еще один норматив «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.696–98)». ОБУВ загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест – временный гигиенический норматив, он используется при решении вопросов предупредительного надзора, для обоснования требований к разработке оздоровительных мероприятий по охране атмосферного воздуха проектируемых, реконструируемых и опытных малотоннажных производств. Согласно «Временным указаниям по определению фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов» в



качестве фоновой принимается концентрация, которая не превышает в 95 % случаев.

Управление качеством атмосферного воздуха осуществляется на основе установления технических нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ). ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения таким образом, чтобы в атмосфере с учетом выбросов других источников создавалась концентрация, не превышающая ПДК данного вещества. ПДВ устанавливаются расчетным путем и не должны быть превышены в любой 20-минутный отрезок времени. При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации.

Для действующих предприятий, если в воздухе населенного пункта концентрации вредных веществ превышают ПДК и значения ПДВ не могут быть достигнуты в настоящий момент, устанавливаются временные согласованные выбросы (ВСВ), которые поэтапно снижаются до уровня ПДВ.

ПДК загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны устанавливается при ежедневной, кроме выходных дней, работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю. В течение всего рабочего стажа человека ПДК не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья. Это обнаруживается современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

В жилых зданиях формируется особая воздушная среда, зависящая от состояния атмосферного воздуха и мощности внутренних источников загрязнения, к которым в первую очередь относятся продукты деструкции отделочных полимерных материалов, жизнедеятельности человека, неполного сгорания газа и т.д. Внутри жилых помещений загрязнение воздуха фенолом, формальдегидом, ацетоном, диоксидом азота выше, чем в наружном воздухе.

**Гигиеническое нормирование качества воды.** При нормировании качества воды учитывается специфика воздействия

водных загрязнений на население, оценивается как прямое действие загрязнений на организм, так и косвенное влияние на условия водопользования населения. В соответствии с этим в схему гигиенического нормирования включены три показателя вредного действия веществ (признаки вредности): влияние химических веществ на организм (токсикологический), на органолептические свойства воды (органолептический), на процессы естественного самоочищения водоемов (общесанитарный).

При нормировании применяется принцип «узкого места», или лимитирующий признак вредности. В процессе исследования каждого вещества по трем указанным показателям находят пороговую и/или подпороговую (недействующую) концентрацию. Сопоставление полученных величин позволяет определить наименьшую из них и установить уровень ПДК.

Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования России содержит норматив «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (ГН 2.1.5.689–98).

Помимо ПДК нормируются *ориентировочные допустимые уровни* (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.690–98). ОДУ разрабатываются на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяется только на стадии предупредительного санитарного прогноза за проектируемыми или строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями.

Очень важно для санитарно-эпидемиологического благополучия населения соответствие СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Эти правила и нормы устанавливают гигиенические требования к качеству питьевой воды, а также контроль качества воды, производимой и подаваемой централизованными системами питьевого водоснабжения.

Санитарные правила применяются в отношении воды, подаваемой системами водоснабжения и предназначенной для потребления населением в питьевых и бытовых целях, для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов, их хранения и торговли, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу, иметь благоприятные органолептические свойства. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети.

Принцип эпидемиологической безопасности (отсутствие возбудителей инфекционных заболеваний) положен в основу создания новых и пересмотра существующих нормативов качества питьевой воды, воды пресных водоемов и морей, используемых в рекреационных целях, источников водоснабжения, сточных вод.

Безвредность питьевой воды по химическому составу должна соответствовать следующим нормативам:

- обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории России, а также веществ техногенного происхождения, получивших глобальное распространение;
- содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения;
- содержание вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

Выбор источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2761 – 84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора». Каждый водоисточник и го-

ловные сооружения водозабора должны быть защищены от загрязнения путем организации зон санитарной охраны (ЗСО), которые подразделяются на два пояса с соответствующим режимом каждый.

**Гигиеническое регламентирование химических загрязнителей в почве.** Загрязнение почвы определяется величиной ПДК загрязняющего вещества в верхнем пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы. Максимальное количество загрязняющего вещества, поступающее на определенную площадь в единицу времени и не превышающее установленную величину ПДК (мг/кг), называется предельно допустимым поступлением (ПДП).

При разработке ПДК химических веществ в почве учитывается их устойчивость, механизмы миграции из почвы в контактирующие с ней среды (вода, воздух, растения). Норматив устанавливается по лимитирующему, т. е. минимальному из четырех количественных показателей вредности: общесанитарного, водно-миграционного, воздушно-миграционного и транслокационного.

Существуют нормативы (условные дозы) вносимых в почву пашни минеральных удобрений и пестицидов. Повышенная нагрузка последних определяется в сравнении со среднефедеральной дозой (1,3 кг/га – для большинства соединений и 0,22 кг/га – для особо опасных).

По приоритетности нормирования химические вещества располагаются в следующей последовательности:

- пестициды и их метаболиты;
- тяжелые металлы;
- микроэлементы;
- нефтепродукты;
- сернистые соединения и другие вещества органического синтеза при их систематическом поступлении в почву.

Применяемые в нашей стране предельно допустимые концентрации не всегда обоснованы по эффектам, напрямую связанным со здоровьем: 53% ПДК в воде водных объектов (ПДК

в.в.) обоснованы по органолептическому признаку вредности и 20% – по общесанитарному показателю; 30% ПДК для атмосферного воздуха населенных мест установлены по рефлекторным реакциям человека.

В связи с этим использование действующих гигиенических нормативов в качестве критерия оценки риска возможно только в случае регламентации вещества по санитарно-токсикологическому, резорбтивному или рефлекторно-резорбтивному критериям вредности и наличия уверенности в их достаточной надежности, так как по данным ряда исследователей (З.И. Жолдакова, О.О. Сеницына, М.А. Пинигин, Л.А. Тепкина и др.) большое число гигиенических нормативов, установленных в предшествующие годы, требуют пересмотра. Дополнительным фактором, затрудняющим применение существующей нормативной базы, является период усреднения ПДК.

В настоящее время в зарубежных странах (США, Канада) и международных организациях (ВОЗ, ФАО/ВОЗ, Комиссия Европейского сообщества, Организация по экономическому сотрудничеству и развитию и др.) разработаны референтные уровни воздействия для почти 1000 химических соединений. Причем около 20% референтных концентраций обоснованы с использованием клинических и эпидемиологических данных.

Под **референтными (безопасными) уровнями** воздействия понимают такие дозы или концентрации химических веществ, воздействие которых на популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не вызовет каких бы то ни было уловимых вредных эффектов. Референтные концентрации дифференцированы с учетом продолжительности химического воздействия.

**Доза** – основная мера экспозиции, характеризующая количество химического вещества, воздействующего на организм.

**Референтная доза/концентрация (Rfd или Rfc)** – суточное воздействие химического вещества на протяжении всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения.

Рекомендуемые значения референтных доз и концентраций для разных путей поступления химических веществ в организм из основных объектов среды обитания с указанием критических органов и/или систем, источников информации представлены в Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

## **РАЗДЕЛ 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

### **Тема. Концепция построения структурно-функциональной модели обеспечения гигиенической безопасности населения в условиях воздействия техногенных химических факторов**

Для совершенствования механизма обеспечения гигиенической безопасности населения разработана структурно-функциональная модель обеспечения гигиенической безопасности населения в условиях воздействия химических факторов техногенного происхождения, которая базируется на следующих концептуальных положениях:

- система строится в соответствии с задачами разработки новых научных технологий выявления и доказательства экологической детерминированности заболеваний на индивидуальном уровне с последующим обобщением для группового и популяционного уровней;
- наличие этапности задач формирования доказательной базы, идентифицирующей источники нарушения здоровья, обуславливает возможность организации системы специализированного медико-профилактического обеспечения в виде совокупности целевых организационно-функциональных подсистем;
- региональная система специализированного медико-профилактического обеспечения населения базируется на данных региональной системы социально-гигиенического мониторинга;
- каждый уровень организационно-функциональной системы ориентируется на соответствующие критерии и обеспечивается собственными методами и приемами реализации деятельности;
- для оценки эффективности функционирования системы специализированного медико-профилактического обеспечения служат показатели, которые прямо или опосредованно указывают на последствия природно-техногенного воздействия и

управляемы при решении задач обеспечения гигиенической безопасности населения.

Каждая из рассматриваемых структурно-функциональных подсистем в рамках специализированных медико-профилактических мероприятий характеризуется собственным набором исходной информации, задачами, функциями, показателями, объемом реализации и конечным результатом (рис. 7).

Реализация и оптимальное функционирование модели обеспечивается *поэтапными методологическими подходами*:

I этап – комплексная оценка и прогноз санитарно-эпидемиологической ситуации на территории с учетом показателей состояния окружающей среды и здоровья на основании экспертно-аналитического обеспечения включает в себя подготовительный этап: накопление, верификацию и статистическую обработку данных о параметрах среды обитания (природные, социально-экономические, компоненты техногенной нагрузки на атмосферный воздух, воду, почву) и медико-демографических показателей (заболеваемость, смертность, рождаемость, естественный прирост). При этом осуществляется выделение проблемных территорий, приоритетных токсикантов и вероятностных путей поступления, приоритетных групп населения, значимых классов и нозологических форм болезней. На этапе статистического моделирования на основе специального программного обеспечения, включающего расчеты рассеивания, осуществляется оценка вероятностной связи заболеваний с факторами воздействия.

*Результатом* является определение уровня заболеваемости, не зависящего от учитываемых факторов, выявление долевых вкладов факторов в долю экообусловленных форм болезней.

В рамках II этапа проводится гигиеническая диагностика статуса на индивидуальном уровне (обследуется представительная выборка населения, относящаяся к группе риска).



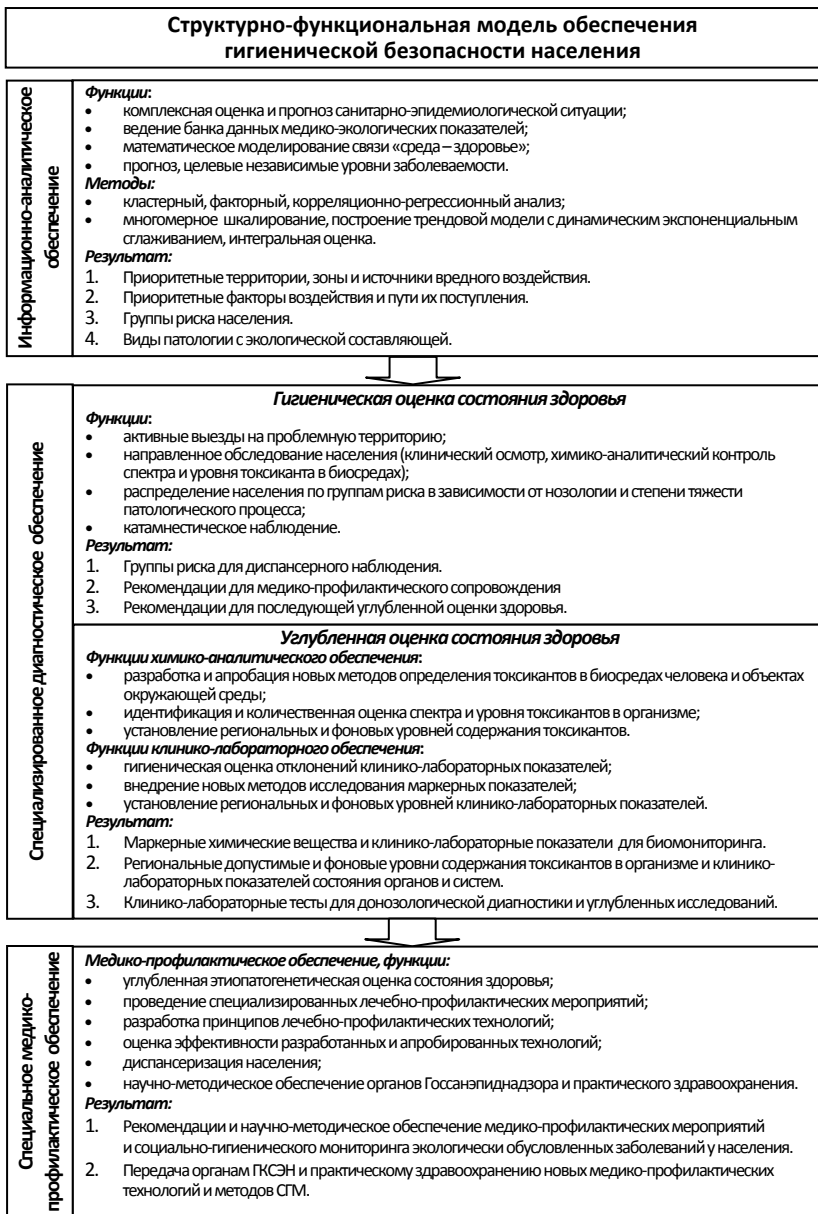


Рис. 7. Структурно-функциональная модель обеспечения гигиенической безопасности населения

Применяются следующие методические приемы: химико-аналитический контроль содержания токсикантов и микроэлементов в микросредах организма с применением методов газовой, высокоэффективной жидкостной хроматографии, атомно-абсорбционной спектрофотометрии, функциональная диагностика, определяющая наличие и степень отклонения показателей физиологических функций жизненно важных органов и систем; клинико-лабораторная диагностика, в том числе с применением углубленных общеклинических, биохимических, иммунологических, аллергологических, показателей гомеостаза; оценка анамнестических данных и углубленный клинический осмотр с применением физикальных методов исследования для выявления изменений в состоянии здоровья, патогенетически связанных с химическими факторами воздействия; составление экологически обусловленных видов патологий с характеристикой патогенетической направленности нарушений функций приоритетно поражаемых органов и систем организма; визуализация в геоинформационной системе пространственно распределенных данных по содержанию токсикантов и микроэлементов в организме, верифицированных клинико-лабораторными показателями.

*Результатом* является формирование прямой доказательной базы в системе "техногенный токсикант – нарушение здоровья"; обоснование основных параметров, оптимизирующих функционирование региональной системы социально-гигиенического мониторинга, – маркерных химических веществ и диагностических тест-систем для биомониторинга и донозологической диагностики; обоснование региональных допустимых уровней содержания токсикантов и микроэлементов в организме, уровней функциональных и клинико-лабораторных показателей состояния органов и систем.

III этап предполагает целевую коррекцию нарушений состояния здоровья, вероятно или достоверно зависимых от химических факторов техногенного генеза. Медико-профилактический комплекс направлен на устранение или максимально возможное снижение содержания в организме токсикантов и восстановление баланса микроэлементов, на стимуляцию иммунорезистентности и адаптационных возможностей организма.

В *результате* реализации системы медико-профилактических мероприятий осуществляется разработка и научное обоснование рекомендаций и методического обеспечения по диагностике, лечению, профилактике и мониторингу экологически обусловленных или модифицированных состояний или заболеваний; передача новых и апробированных лечебно-реабилитационных технологий в систему Госсанэпиднадзора и здравоохранения для задач социально-гигиенического мониторинга и повышения эффективности профилактических мероприятий.

Таким образом, конечным результатом реализации модели обеспечения гигиенической безопасности населения является: научное обоснование оптимальных параметров ведения системы социально-гигиенического мониторинга и прогноз санитарно-гигиенической ситуации на территории с учетом результатов реализации системы специализированных медико-профилактических мероприятий; контроль и оценка эффективности комплекса мероприятий по обеспечению благоприятной санитарно-гигиенической ситуации.

**Обоснование приоритетных техногенных химических факторов.** С целью выявления химических соединений, представляющих повышенную опасность, и путей их поступления в организм человека необходимо проанализировать максимально полный перечень потенциально приоритетных веществ на исследуемой территории. Этапами формирования окончательного перечня приоритетных веществ являются: сбор данных о химических веществах, потенциально способных воздействовать на здоровье населения; анализ их опасности (вредности для здоровья человека), а также имеющейся информации о концентрациях в различных объектах окружающей среды; предварительное ранжирование химических веществ с учетом объема их поступления в окружающую среду и степени выраженности их канцерогенных и токсических свойств; определение типичных сценариев экспозиции для выбранных веществ; расчет рисков для этих сценариев воздействия с использованием стандартных методов и доступных данных о параметрах опасности, концентрациях в окружающей среде.

Всесторонняя оценка воздействия на здоровье человека всех потенциально вредных веществ хотя и желательна, но ре-

ально неосуществима из-за большого объема исследования и требуемых материальных ресурсов, а также из-за отсутствия адекватных данных об уровнях воздействия и потенциальной опасности ряда химических соединений. В связи с этим анализ обычно проводится на основе детального исследования ограниченного числа (обычно до 30) приоритетных (индикаторных) веществ, которые в наибольшей степени характеризуют реальный риск для здоровья населения, проживающего на исследуемой территории.

Ведущими критериями для выбора приоритетных (индикаторных) загрязняющих веществ являются их токсические свойства, распространенность в окружающей среде и вероятность их воздействия на человека: количество вещества, поступающее в окружающую среду; численность населения, потенциально подверженного воздействию; высокая стойкость (персистентность) вещества в объекте окружающей среды; способность к биоаккумуляции; способность вещества к межсредовому распределению, миграции из одной среды в другие среды, что проявляется в одновременном загрязнении нескольких сред и пространственном распространении загрязнения; опасность для здоровья человека, т. е. способность вызывать вредные эффекты (необратимые, отдаленные, обладающие высокой медико-социальной значимостью).

Исключение химических соединений из первоначального перечня анализируемых веществ осуществляется с использованием следующих критериев:

- отсутствие результатов измерений концентраций вещества или ненадежность имеющихся данных при невозможности в рамках проекта ориентировочно оценить уровни экспозиции;
- концентрация неорганического соединения (железа, кальция и др.) ниже естественных фоновых уровней;
- вещество обнаружено только в одной или двух средах, в небольшом числе проб (менее 5 %);
- концентрация вещества существенно ниже референтных (безопасных) уровней воздействия;
- отсутствие выраженной токсичности и подозрений в отношении канцерогенности для человека;

– отсутствие адекватных данных о биологическом действии вещества при невозможности ориентировочного прогноза показателей токсичности и опасности (путем анализа зависимостей "химическая структура – биологическая активность", экстраполяции с других путей поступления в организм или другой продолжительности воздействия и др.);

– концентрация эссенциального элемента находится в пределах его рекомендуемого суточного поступления.

Приоритетность химических соединений оценивается также на основании принадлежности к отечественным, зарубежным и международным перечням приоритетных и особо опасных химических веществ, а также к перечням химических соединений, являющихся типичными компонентами загрязнения городской среды или характерными для выбросов/сбросов от конкретных промышленных объектов (ТЭЦ, мусоросжигательные заводы, нефтеперерабатывающие предприятия и др.) и автотранспорта.

**Установление контингента риска нарушений здоровья в связи с воздействием химических факторов.** При анализе информации об исследуемой зоне следует выявить все субпопуляции, которые могут иметь повышенный риск химических воздействий, обусловленный их повышенной чувствительностью, особенностями деятельности и/или предшествующими воздействиями от других источников.

Наиболее чувствительными к действию химических веществ субпопуляциями в ряде случаев могут являться новорожденные и дети, лица пожилого возраста, беременные и кормящие женщины, а также больные хроническими заболеваниями.

Субпопуляции, подверженные повышенному риску, вследствие особенностей их деятельности и активности обычно включают детей. Субпопуляции повышенного риска, связанного с предшествующими воздействиями, включают индивидуумов, контактировавших с химическими веществами на производстве, а также лиц, ранее проживавших на загрязненных территориях.

Выявление субпопуляций, требующих повышенного внимания, проводится на основе установления места расположения в исследуемой зоне школ, детских дошкольных учреждений,

больниц и поликлиник, жилых зон, мест отдыха и рыбной ловли, основных промышленных и сельскохозяйственных объектов. Для сценариев жилых районов при оценке риска требуется учитывать воздействие на детей: отдельно до 6 лет, от 6 лет до 18 лет; и на взрослых – от 18 лет и старше. В случае возможного поступления химических веществ в организм ребенка с молоком матери целесообразно дополнительно оценивать воздействие на грудных детей (0-1 год).

Выбор формы приоритетного вида неинфекционного заболевания, течение которого осуществляется в результате внешне-средовой экспозиции нормируемого химического вещества, основывается на научно доказанном специфическом характере преимущественно резорбтивного токсического действия химических факторов, на установленных критических органах/системах или вредных эффектах у человека. Источником информации является «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» (Р.2.1.10.1920-04), МР «Перечень приоритетных показателей для выявления изменений состояния здоровья детского населения при вредном воздействии ряда химических факторов среды обитания» (№ ФЦ/3415 от 19.11.1999).

В первую очередь, должна учитываться потенциальная вероятность повреждения жизненно важных органов и систем или развитие вредных эффектов при резорбтивном действии:

- органы дыхания (сенсibiliзирующий, раздражающий эффект) – вещества-аллергены, в том числе тяжелые металлы и их соединения (никель, кобальт, хром<sup>+6</sup>, марганец); формальдегид; взвешенные частицы (размером 10 мкм, 2,5 мкм);
- система крови и кроветворные органы (угнетение костно-мозгового кроветворения, гемолитическое действие, нарушение синтеза порфиринов и гема, изменение пигмента крови): ароматические углеводороды (бензол, стирол, крезол); хлорпроизводные бензола (хлорбензол, дихлорбензол); хлорсодержащие органические соединения (тетрахлорметан, дихлорметан); амино-, нитропроизводные бензола (анилин, метиланилин, диметиланилин, нитроанилин, нитробензол, толуидин, 4-нитротолуол, динитротолуол, тринитротолуол); тяжелые металлы (свинец, ртуть, мышьяк, медь);

- желудочно-кишечный тракт (нарушение энергетического обеспечения энтероцитов, повреждение мембран клеточного эпителия, нарушение кислотообразования): тяжелые металлы и их соединения (свинец, марганец, хром);
- печень (нарушение синтетической функции, цитолитический эффект): хлорорганические соединения (дихлорэтан, хлороформ, хлорбензол, тетрахлорметан, тетрахлорэтилен, тетрахлорфенол); ароматические углеводороды (толуол, этилбензол, стирол, фенол);
- почки (деструкция эпителия нефрона): тяжелые металлы и их соединения (кадмий, висмут, ртуть, мышьяк); хлорсодержащие органические соединения (тетрахлорметан, тетрахлорэтилен);
- центральная и вегетативная нервная система (нарушение проведения нервных импульсов в нервных волокнах и синапсах, нарушение метаболизма нейронов): тяжелые металлы и их соединения (марганец, свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, селен, цинк); фторид-ионы, органические и неорганические соединения фтора;
- сердечно-сосудистая система (нарушение метаболизма в миокарде, нейроэндокринной регуляции): тяжелые металлы и их соединения (кобальт); ароматические углеводороды (бензол, фенол).

Установление неканцерогенных эффектов неблагоприятного воздействия химических факторов осуществляется либо путем сравнения фактических уровней экспозиции с безопасными уровнями воздействия (индекс/коэффициент опасности), либо на основе параметров зависимости "концентрация – ответ", полученных в эпидемиологических исследованиях.

Развитие неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности по формуле (2):

$$HQ = AD/RfD, \text{ или } HQ = AC/RfC, \quad (2)$$

где HQ – коэффициент опасности;

AD – средняя доза, мг/кг;

AC – средняя концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

RfD – референтная (безопасная) доза, мг/кг;

RfC – референтная (безопасная) концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Если рассчитанный коэффициент опасности вещества не превышает единицу, то вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни незначительна и такое воздействие характеризуется как допустимое. Если коэффициент опасности превышает единицу, то вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает пропорционально увеличению HQ.

Коэффициент опасности рассчитывается отдельно для условий кратковременных (острых), подострых и длительных воздействий химических веществ. При этом период усреднения экспозиций и соответствующих безопасных уровней воздействия должен быть аналогичным.

Развитие неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (HI) по формуле (3):

$$HI = \sum HQ_i, \quad (3)$$

где  $HQ_i$  – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

При комплексном поступлении химического вещества в организм человека из окружающей среды одновременно несколькими путями, а также при многосредовом и многомаршрутном воздействии критерием развития неблагоприятных эффектов является суммарный индекс опасности (ТНІ) рассчитывается по формуле (4):

$$ТНІ = \sum HI_j, \quad (4)$$

где  $HI_j$  – индексы опасности для отдельных путей поступления или отдельных маршрутов воздействия.

**Социально-гигиенический мониторинг** представляет собой государственную систему наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием на него факторов среды обитания человека для принятия мер по устранению вредного воздействия на население факторов среды обитания человека (далее – мониторинг).

В свете последней редакции закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ, а также постановлений Правительства Россий-



ской Федерации от 2 февраля 2006 г. № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга» и от 16 мая 2005 г. № 303 «О разграничении полномочий федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения биологической и химической безопасности» социально-гигиенический мониторинг проводится Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека совместно с другими федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

При ведении мониторинга решаются следующие задачи:

а) гигиеническая оценка (диагностика) факторов среды обитания человека и состояния здоровья населения;

б) выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;

в) установление причин и выявление условий возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений);

г) подготовка предложений для принятия федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления необходимых мер по устранению выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека.

В целях ведения мониторинга используются данные осуществляемых федеральными органами исполнительной власти наблюдений:

а) за состоянием здоровья населения – наблюдения осуществляются Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения и социального развития;

б) за факторами среды обитания человека, включая:

– биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные);

– химические, в том числе источники антропогенного воздействия на окружающую природную среду;

- физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловое, ионизирующее, неионизирующее и иные излучения);
- социальные (структура и качество питания, безопасность пищевых продуктов, водоснабжение, условия быта, труда и отдыха);
- природно-климатические факторы, в том числе источники антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

На основе данных мониторинга Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека формирует федеральный информационный фонд данных социально-гигиенического мониторинга, который представляет собой базу данных о состоянии здоровья населения и среды обитания человека, формируемую на основе постоянных системных наблюдений, а также совокупность нормативных правовых актов и методических документов по вопросам анализа, прогноза и определения причинно- следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / под ред. С.В. Белова; 5-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк., 2005. 606 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / А.Н. Голицын, Л.Е. Пикалова. М.: Оникс, 2008. 192 с.
3. *Ветрова Н.М.* Подход к классификации техногенных опасностей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2007. № 1/ 3 (25). С. 20–24.
4. Гигиена и экология человека (цикл лекций): учеб. пособие / Ю.Л. Солодовников. М., 2009. 149 с.
5. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс]. URL: [www.tehdoc.ru/hygiene.htm](http://www.tehdoc.ru/hygiene.htm) (дата обращения: 31.05.2011).
6. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Электронный ресурс]. URL: [www.tehdoc.ru/hygiene.htm](http://www.tehdoc.ru/hygiene.htm) (дата обращения: 31.05.2011).
7. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. URL: [www.tehlit.ru](http://www.tehlit.ru) (дата обращения: 31.05.2011).
8. Горячие точки химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России / под ред. В.М. Захарова. М.: Акрополь; Общественная палата РФ, 2007. 192 с.
9. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 г.», 2012. 351с.
10. *Евстегнеев В.И.* Биотехнология и биологическая безопасность России // Молекулярная медицина. 2004. № 4. С. 56–58.
11. *Землянова М.А.* Научное обоснование структурно-функциональной модели обеспечения гигиенической безопасности населения в условиях природно-теногенного воздействия химических факторов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2002. 46 с.

12. Комплексная санитарно-экологическая оценка населенных пунктов (территорий) в районе расположения объектов, опасных риском воздействия на людей биологически высокоактивных вредных химических веществ: МР № 2510/57-97-32 [Электронный ресурс]. URL: [www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_103614.html](http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_103614.html) (дата обращения: 31.05.2011).

13. *Котляков В.М., Трофимович А.Т., Селиверстов Ю.П., Солодуха Н.М.* Моделирование экологических ситуаций // Изв. РАН. Сер. географ. 1995. № 1. С.5–20.

14. *Лазарева Л.П.* Учебно-методический комплекс (УМКД) по дисциплине «Управление охраной окружающей среды» [Электронный ресурс], 2012. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-156137.html> (дата обращения: 30.05.2013).

15. *Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А.* Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. Пермь: Книжный формат. 2011. 532с.

16. Официальный сайт Президента России. Утверждены основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года [Электронный ресурс], 2012. URL: [www.special.kremlin.ru/news/15177](http://www.special.kremlin.ru/news/15177) (дата обращения: 30.05.2013).

17. *Потапов А.И., Ястребов Г.Г.* Социально-гигиенический мониторинг – практика применения и научное обеспечение проблемы / под ред. А.И. Потапова. М., 2000. Ч.1. С. 21–27.

18. *Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды химическими веществами и экологически обусловленные изменения состояния здоровья населения в городах России // Экологическая безопасность России: материалы Всерос. конф. / под ред. В.В. Куценко, А.В. Яблокова. М., 2002. 264 с.

19. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

20. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав и благополучия человека. Социально-гигиенический мониторинг [Электронный ресурс], 2013. URL: <http://40.rosпотребнадзор.ru/directions/monitoring/> (дата обращения: 30.05.2013).

21. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие к спецкурсу / Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова; Перм. ун-т. Пермь, 2006. 124 с.

22. Щербаков Г.Я. Источники и основные угрозы для национальной биологической безопасности России // Проблемы биологической безопасности Российской Федерации: сб. докл. I Рос. Симп. по биологической безопасности [Электронный ресурс], 2003. URL: <http://www.bio.su/schr.php> (дата обращения: 30.05.2013).

23. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов / Д.А.Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н.Роева и др.; под ред. Л.А. Муравья. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 447 с.

24. Экология человека: учеб. для студ. высш. учеб. зав. / Б.Б. Прохоров. 4-е изд., стер. М.: Изд. центр «Академия», 2008. С. 235–254.

25. Экология: учеб. для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. Изд. 14-е, доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2008. С. 286–398.

*Учебное издание*

**Зайцева Нина Владимировна**  
**Землянова Марина Александровна**  
**Устинова Ольга Юрьевна**  
**Махмудов Рамиз Рагибович**  
**Пермяков Иван Александрович**  
**Кольдибекова Юлия Вячеславовна**

## **ТЕХНОГЕННАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Учебное пособие

Редактор *Л.А. Богданова*  
Корректор *Л.И. Семицветова*  
Компьютерная верстка *Н.В. Харитоновой*

Подписано в печать 22.10.2013. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 7,32. Тираж 150 экз. Заказ № 86/2013

Редакционно-издательский отдел  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии издательства «Книжный формат».  
Адрес: 614000, г. Пермь, ул. Пушкина, 80.