

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

---

**А.А. КАСЬЯНЕНКО**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ  
ОЦЕНКИ РИСКОВ В ЭКОЛОГИИ**

**Учебное пособие**

**Москва  
2008**

## Общее описание курса:

**Название курса:** "Современные методы оценки рисков в экологии"

**Трудоёмкость:** 5 кредитов

**Цель курса:** систематизированная подготовка специалистов по методам оценки рисков в экологии

**В задачи курса** входит изучение:

- понятий опасности, риска, принципов оценки приемлемости риска, математических методов, используемых при оценке рисков;
- методов оценки опасности техногенных систем и расчёта риска техногенных аварий;
- методов оценки благополучия и здоровья людей и методов оценки взаимосвязи между состоянием здоровья людей и состоянием окружающей среды;
- критериев и методов оценки состояния окружающей среды;
- основных существующих методов оценки рисков в экологии – оценка опасностей и рисков на основе концепции ПДК, оценка опасностей и рисков на основе концепции референтных доз и показателей канцерогенности;
- основных положений законодательства и основных нормативных правовых актов Российской Федерации, регламентирующих деятельность в области оценки опасностей и рисков;

**Область знаний:** экология

**Уровень обучения:** бакалавриат

**Для каких направлений и специальностей, циклов (по действующему перечню) является обязательным, может быть курсом по выбору**

**Обязательным:** Направление: 511100 – Экология и природопользование, Специальности: 013100 – Экология; 013400 – Природопользование.

**Может быть курсом по выбору для специальностей:**

Геоэкология, Охрана окружающей среды и рациональное природопользование, Защита окружающей среды.

**Курс теоретический**

**Инновационность курса** состоит в:

- обучении инновационному методу получения интегральной оценки риска для здоровья населения, обусловленного химическим загрязнением окружающей среды, который синтезирует современные научные достижения оп оценке здоровья населения, риска аварий техногенных систем, оценки качества окружающей среды и установления связи между характеристиками здоровья населения и загрязнения среды, методов оценки опасности воздействия неканцерогенных веществ на основе концепций ПДК и референтных доз, оценки риска воздействия канцерогенных веществ;
- методика преподавания ориентирована на использование мультимедийных средств при подаче лекционного материала, на выполнение лабораторных занятий в компьютерном классе с привлечением доступных систем в Интернете и, наконец, на тестовый контроль и рейтинговую оценку знаний;
- литература даётся по каждой главе и содержит ссылки как на источники изданные до 30-ти лет назад, содержащими фундаментальные знания, так и на новейшие источники последних лет издания, включая 2007 год, а также на научные материалы свободного доступа в Интернете.

–

## Введение

Последний век XX тысячелетия был веком невиданного технического прогресса. В этом веке были открыты и внедрены в производство новые технологии, освоена энергия атомного ядра, в результате чего появились атомная, водородная и нейтронные бомбы, атомные реакторы. В этом веке развитие летательных аппаратов прошло путь от первых фанерных "этажерок" до реактивных ТУ, ИЛ, СУ, Боингов, самолётов невидимок "Спелз", баллистических ракет, космических станций "Мир" и МКС, крылатых ракет и многих других воздушных средств передвижения людей, освоения неизведанных просторов космоса и уничтожения самих создателей этих удивительных творений. Человек покорил морские просторы и глубины, создав атомные ледоколы и атомные подводные лодки. В этом веке освоены новые биотехнологии, новые химические производства.

После первой мировой войны (1914 – 1918 гг.) началась интенсивная разработка новых технологий производства товаров массового потребления, что послужило предпосылкой возникновения современных развитых индустриальных обществ США, Германии, Японии и других стран. Развитым индустриальным обществам присущи следующие особенности:

- многократно возросшие объёмы производства и потребления товаров;
- значительное увеличение потребления невозобновимых природных ресурсов, таких, как нефть и природный газ, уголь, металлы;
- широкое использование синтетических соединений, многие из которых, попав в окружающую среду, не разлагаются или в лучшем случае разлагаются очень медленно;
- резкий рост душевого энергопотребления;
- резкое увеличение объема производства продуктов питания на душу населения благодаря внедрению передовых промышленных технологий в сельском хозяйстве;
- существенное увеличение продолжительности жизни вследствие улучшения условий быта, гигиены, питания, медицинского обслуживания и регулирования рождаемости.

В настоящее время мы – люди – составляем самую многочисленную популяцию крупных млекопитающих из всех когда-либо существовавших на Земле. Рост населения и наши способности управлять природной средой, в целях удовлетворения своих потребностей, беспрецедентны в истории жизни на этой планете. Мы достигли такой мощи, что она достаточна для полного уничтожения нашего собственного вида и других видов живых существ.

Один из российских основоположников учения об экологии и природопользовании Н.Ф. Реймерс сделал принципиальный вывод о том, что ...наступил момент, когда на человека воздействует ... изменённая человеком природа. Это – [экологическая опасность](#). Эта опасность тем реальнее, чем выше технико-экономический потенциал и численность человечества" (Реймерс Н. Ф., 1992).

Исключительно важную роль в разработке путей обеспечения безопасности и устойчивого развития человечества сыграла конференция Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию, прошедшая в Рио-де-Жанейро в июне 1992 года. Конференция стала знаменательным событием, которое собрало вместе глав государств и представителей правительств, а также представителей многочисленных международных и неправительственных организаций, представителей научных кругов. Пять основных документов конференции включают:

- Декларацию по окружающей среде и развитию. Её 27 принципов определяют права и обязанности стран и делегатов обеспечения развития и благосостояния людей.
- Повестку дня на XXI век – программу того, как сделать развитие устойчивым с социальной, экономической и экологической точек зрения.
- Заявление о принципах, касающихся управления, защиты и устойчивого развития всех видов лесов, жизненно необходимых для обеспечения экономического развития и сохранения всех форм жизни.
- Рамочную конвенцию Организации Объединённых Наций об изменении климата, целью которой является стабилизация концентраций газов, вызывающих парниковый эффект в атмосфере, на таких уровнях, которые не вызовут опасного дисбаланса в мировой климатической системе.

– Конвенцию о биологическом разнообразии, которая требует, чтобы страны приняли меры для сохранения разнообразия живых существ и обеспечили справедливое распределение выгод от использования биологического разнообразия.

Один из главных принципов декларации, принятой на этой конференции, гласит: ***"Сегодняшнее развитие не должно осуществляться во вред интересам развития и охране окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений"***.

В части защиты и улучшения здоровья людей Повесткой дня на XXI век рекомендуется всем государствам иметь программы по определению экологических факторов, угрожающих здоровью, и уменьшению соответствующих рисков. Государства должны включать меры по защите экологии и здоровья в программы национального развития и обучать население мерам по устранению экологических факторов, наносящих ущерб здоровью.

Европейское региональное бюро всемирной организации здравоохранения (ЕРБ ВОЗ) сформулировало следующие принципы устойчивого развития, сохранения справедливости, охраны окружающей среды и снижения риска для [здоровья населения](#) (Окружающая среда и здоровье, 2000):

– принцип справедливости – равная защита от опасностей окружающей среды и равная доступность здравоохранения;

– межотраслевой подход – участие нескольких отраслей в рассмотрении проблем или в действиях для достижения общих целей;

– принцип "платит загрязнитель" – согласно которому расходы на меры профилактики, ограничения или лечения несёт загрязнитель;

– принцип предосторожности – недостаток полной научной уверенности не должен служить основанием для отсрочки эффективных, соразмерных и экономически приемлемых мер для обеспечения того, чтобы всё, что можно было разумно предусмотреть, было сделано для предотвращения ненужных рисков и предупреждения деградации окружающей среды или неблагоприятных эффектов для здоровья у настоящего или будущих поколений;

– передача полномочий на места – передача прав, власти и ответственности на самый нижний уровень управления (решения принимают как можно ближе к населению);

– устойчивость – нужды настоящего поколения удовлетворяются без нарушения возможности будущих поколений удовлетворять свои нужды.

Обеспечение национальной безопасности России в экологической сфере является одним из элементов государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению перехода к устойчивому развитию. Концепция национальной безопасности, закрепившая новую правовую категорию "национальная безопасность Российской Федерации в экологической сфере", утверждена указом Президента № 1300 в декабре 1997 года (Об утверждении Концепции..., 1997). Её основными положениями являются: техногенная безопасность окружающей среды (природных объектов), [экологическая безопасность](#) личности, общества и государства.

Оценка безопасности в любом случае основана на методах определения риска. В настоящее время в терминах риска принято оценивать многие стороны общественной жизни, производственной и государственной деятельности, такие как безопасность жизнедеятельности, государственная безопасность, правовая безопасность и др. В связи с этим в обиходе появились понятия [техногенного риска](#), природного риска, радиационного и других видов риска.

Проблема оценки риска является исключительно важной, поскольку современные системы управления техногенной и экологической безопасностью базируются именно на методах оценки риска. [Оценка риска](#) является весьма сложной междисциплинарной задачей. При оценке риска для здоровья населения используются научные знания медицины, гигиены и санитарии, токсикологии, эпидемиологии, химии, физики, современные методы математической статистики и многих других наук.

## Тема 1.

### 1.1. Основные определения и понятия в оценке экологического риска

При любом виде деятельности человека существует определенная степень риска получения травмы, [профессионального заболевания](#) и смерти. Неблагоприятные ситуации подстерегают человека не только на производстве, но и в быту и в любом месте. Полная [безопасность](#) не может быть гарантирована никому, независимо от образа жизни, особенно если речь идет о явлениях, связанных с неблагоприятным экологическим состоянием окружающей среды. Почти любая техническая система (теплоэлектростанция, самолет, автомобиль, компьютер, мобильный телефон и т. д.), созданная для удовлетворения тех или иных потребностей человека, создаёт различные [опасности](#). Возможность пострадать от какой-либо опасности создает [риск](#) для здоровья или жизни человека, определённой группы людей или всего населения.

При оценке опасности техногенных систем и экологического риска используют такие понятия как надёжность, [безопасность](#), [опасность](#) и риск. В эти понятия вкладывают либо один и тот же смысл, либо прямо противоположный. По крайней мере, термины "безопасность" и "опасность" по смыслу противоположны – чем выше [опасность](#), тем ниже безопасность. Однако во многих книгах под анализом опасности и анализом безопасности понимают одно и то же. Нередко термин "риск" считают тождественным термину "опасность". Можно встретить определение типа "риск – это опасность возникновения неблагоприятных событий" или "риск – это опасность возникновения неблагоприятных последствий рассматриваемого события" и др. Иногда под риском понимают вероятность неблагоприятного события.

Для оценки экологического риска, связанного с тем или иным производством, устройствами, технологическими процессами или техническими системами необходимо оценить их надёжность. Зная надёжность любого устройства или системы можно вычислить риск [аварии](#) и оценить её последствия.

Можно также говорить о надёжности человека, причём в двух совершенно разных смыслах. С одной стороны, человек практически всегда участвует в технологическом процессе и является одной из составных частей системы управления. От действий человека (оператора) во многом зависит правильное функционирование всей системы. Человек может ошибиться, может устать и реагировать на показания приборов с опозданием или неправильно, может отвлечься и т.д. Поэтому при оценке надёжности сложных технических систем или технологических процессов, в управлении которыми участвует человек, всегда оценивают его надёжность или как принято говорить учитывают человеческий фактор. С другой стороны, можно рассматривать самого человека, его организм как некоторый элемент, который создаётся, функционирует и умирает. Можно оценить [надёжность](#) такого элемента или нет? Ответ на этот вопрос мы найдём в одном из следующих разделов этой главы.

Для осмысления проблем [экологической безопасности](#) очень большое значение имеет знание и понимание основных понятий и терминов, относящихся к этой области науки, таких как опасность, угроза, источник опасности, риск и др.

В известном толковом словаре (Ожегов С. И., 1989) дано следующее определение слова опасность: "Опасность – это способность причинить какой-нибудь вред, угроза жизни или здоровью человека, иным его ценностям".

Очевидно, что способностью причинить вред могут обладать и человек, и техническое устройство, и природное явление. При этом вред может быть нанесён мгновенно или вследствие какого-то воздействия он может проявиться по истечении какого-то времени. Применительно к экологическим проблемам возможно более подходящим будет следующее определение опасности (Руководство..., 2004; Большаков А.М. и др., 1999).

**Опасность** – совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определённых условиях воздействия (Руководство..., 2004).

Таким образом, опасность является вероятностной категорией, которая может изменяться во времени и в пространстве. Под опасностью, связанной с конкретным событием или процессом, следует понимать вероятность проявления данного события или процесса в данном месте и в данное время.

Опасные факторы – такие [факторы](#), которые оказывают негативное воздействие на природные объекты и/или население.

Исключительно многообразны источники опасности. Источниками опасности могут быть природные явления, стихийные бедствия, аварии, экономические кризисы, военные конфликты, террористические акты, бытовые ситуации и т.д.

Источник [техногенной опасности](#) – это предприятие, организация, учреждение или индивидуальный предприниматель, осуществляющие тот или иной вид деятельности, техническая система или устройство способные привести к возникновению опасных факторов в экологической сфере.

В Законе "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" вредное воздействие на человека определено как "воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека либо угрозу жизни или здоровью будущих поколений" (О санитарно-эпидемиологическом...,1999).

**Уровень безопасности** – максимальный уровень в конкретном случае, основанный на степени риска, который рассматривается как приемлемый.

В 1978 г. эксперты ВОЗ определили риск как "концепцию, отражающую ожидаемую тяжесть и/или частоту неблагоприятных реакций на данную экспозицию".

Под тяжестью или частотой неблагоприятных реакций подразумевают различные [заболевания](#), травмы или смертельные случаи, вызванные воздействием того или иного вредного фактора. При этом учитывают экспозицию данного фактора, которая определяется интенсивностью и продолжительностью его воздействия.

В глоссарии Американского Агентства Охраны Окружающей среды (US Environmental Protection Agency – EPA) дано следующее определение риска:

**Риск** – есть вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах".

В проекте словаря Организации экономического сотрудничества и развития и Международного проекта химической безопасности (Словарь, 1998) дано следующее определения риска:

Риск (risk) – вероятность неблагоприятного влияния данного агента в данных обстоятельствах на организм, популяцию или экосистему.

**"Риск** – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учётом тяжести этого вреда" (ст. 2 Федерального закона РФ "О техническом регулировании" № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.).

Данное определение интегрирует несколько разноплановых понятий о риске (причинение вреда здоровью граждан, причинение вреда окружающей среде, повреждение имущества), что соответствует совокупному риску.

**Риск для здоровья** – вероятность развития угрозы жизни или здоровья человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Потенциальный риск** – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Выражается в долях единицы (или в процентах). Расчёт потенциального риска может быть использован для оценки качества окружающей среды.

Принято выделять три типа потенциального риска:

1. – риск немедленных эффектов, проявляющихся непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях – [острые отравления](#));
2. – риск длительного или хронического воздействия, проявляющийся при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т.д.;

3. – риск специфического действия, проявляющийся в возникновении специфических или канцерогенных заболеваний, заболеваний иммунной системы и других подобных эффектов.

**Реальный риск** – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанному с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, смерти и др. Обычно определяется при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях.

**Анализ риска** (risk analysis) – процесс управления ситуациями, когда популяции или экосистемы могут подвергаться опасности (Guidelines, 1998).

Он включает три шага: оценку риска, управление риском и информацию о риске.

Анализ риска – процесс получения информации, необходимый для предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трёх компонентов: оценка риска, управление риском, информирование о риске (Руководство..., 2004).

Оценка риска (risk assessment) – процесс, имеющий целью рассчитать или оценить риск для данной системы в результате воздействия данного вещества с учётом характеристик, присущих как веществу, так и самой системе. Процесс оценки риска включает четыре этапа: выявление опасности, оценку взаимосвязи "доза – эффект", оценку экспозиции, вычисление риска.

**Опасность** (hazard) – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: вещество, агент, источник энергии или ситуация, обладающие этим свойством.

**Неблагоприятный эффект** (adverse effect) – изменение морфологии, физиологии, роста, развития или продолжительности жизни организма, имеющее результатом нарушение способности компенсировать дополнительный стресс, или повышение чувствительности к другим влияниям окружающей среды.

**Оценка экспозиции** (exposure assessment) – этап оценки риска, заключающийся в качественном и количественном анализе присутствия любого агента (включая его производные), который может присутствовать в данной среде, и суждение о возможных последствиях, которые он может иметь для данной популяции в конкретном случае.

**Управление риском** (risk management) – процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических, медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков.

Оценкой риска для здоровья человека, связанного с различными видами профессиональной деятельности, первыми в 70-е годы прошлого столетия начали заниматься органы здравоохранения и охраны труда, а затем методы оценки риска стали использовать и разрабатывать экологи.

## **1.2. Классификация рисков**

На сегодняшний день отсутствует завершённая, отвечающая современному уровню требований классификация риска вообще и экологического риска в частности. Тем не менее, попытки создать классификацию экологического риска имеются.

Под классификацией риска следует понимать распределение риска на конкретные группы по определённым признакам для достижения поставленных целей. Строгая классификационная система рисков, как и любых других понятий, должна включать классы, типы, виды и подвиды риска.

В зависимости от источника воздействий предлагается различать три большие класса (Миронюк С.Г., 1998): антропогенный, антропогенно-природный и природный экологические риски.

По реципиентам воздействия экологические риски распределяется на четыре основные вида: риск для здоровья человека; риск для экосистем, риск потери природно-ресурсного потенциала; риск деградации или разрушения ландшафтов в целом.



По характеру проявления различаются перманентный и аварийный подвиды экологического риска.

Некоторые из предложенных в цитируемой работе классификационных признаков, например: антропогенный, природный, локальный, региональный, глобальный, не вызывают возражений.

Такие же признаки как, например, сублокальный, субрегиональный, антропогенно-природный, малый, небольшой и др. вряд ли необходимы.

При [оценке рисков](#), связанных с воздействием техногенных систем на окружающую среду и здоровье населения, используют различные виды рисков – индивидуальный, популяционный, относительный, экологический, профессиональный и др.

При оценке рисков, создаваемых [техногенными системами](#), определяют количественные показатели следующих видов риска (Либерман А.Н., 2006; Методические ..., 2001):

- технический риск – вероятность отказа технических устройств ([аварии](#)) с последствиями определённого уровня (класса) за определённый период функционирования опасного объекта;
- индивидуальный риск – частота поражения одного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности;
- коллективный риск – ожидаемое число поражённых в результате возможных аварий за определённый промежуток времени;
- социальный риск – зависимость частоты возникновения событий, в которых пострадало на определённом уровне не менее N человек из общего числа M человек;
- ожидаемый ущерб – величина потерь в денежном или каком-либо другом выражении от возможной аварии за определённый период времени.

Р. Коллурн выделяет пять разновидностей риска (Kollurn R. V, 1996):

1. – риски, угрожающие безопасности (safety risks);
2. – риски, угрожающие здоровью (health risks);
3. – риски, угрожающие состоянию среды обитания (environmental risks);
4. – риски, угрожающие общественному благосостоянию (public welfare/goodwill risks);
5. – финансовые риски (financial risks).

Риски, угрожающие безопасности, обычно характеризуются малыми вероятностями, но тяжёлыми последствиями; они проявляются быстро, к ним, в частности, могут быть отнесены несчастные случаи на производстве. Риски, угрожающие здоровью, напротив, обладают довольно высокой вероятностью и часто не имеют тяжёлых последствий, многие из них проявляются с определённой задержкой. Под рисками угрозы состоянию среды обитания Р. Коллурн понимает бесчисленное количество эффектов, множество взаимодействий между популяциями, сообществами, экосистемами на микро- и макроуровнях, при наличии весьма существенных неопределенностей, как в самих эффектах, так и в их причинах. Риски, угрожающие общественному благосостоянию, обусловлены деятельностью данного объекта (промышленного, сельскохозяйственного, военного и т.д.) и тем в какой степени эта деятельность связана с рациональным использованием природных ресурсов, как она отражается на состоянии окружающей среды. Финансовые риски связаны с возможными потерями собственности или доходов, неполучением страховой премии или прибыли от инвестиций (включая инвестиции в природоохранные мероприятия).

По-видимому, распределение рисков по перечисленным разновидностям является условным. Очень часто риски, сопряжённые с угрозой состоянию среды обитания, одновременно являются рисками для жизни и здоровья людей.

Предметом настоящего учебника является [антропогенный](#) или [техногенный риск](#). По источнику возникновения техногенные риски можно разделить на риск химического загрязнения, риск биологического



загрязнения, риск радиационного загрязнения, риск технических аварий и риск возникновения пожаров и взрывов.

[Загрязнение атмосферы](#) соединениями хлора и фтора наносит ущерб здоровью населения на локальном и региональном уровне, а при больших объёмах приводит к исчезновению озонового слоя, создавая риск для здоровья населения и экосистем в глобальном масштабе. Загрязнение атмосферы углекислым газом приводит к потеплению атмосферы и создает риск для всего населения Земли.

Агентство по защите окружающей среды США рассматривает риски, угрожающие здоровью людей (health risks), отдельно от [экологических рисков](#) (ecological risks).

По мнению экспертов Агентства в 1990-е годы самые серьёзные риски для здоровья людей создавали:

- загрязнение атмосферного воздуха и воздуха в помещениях (газами, аэрозолями);
- накопление радиоактивного газа радона в помещениях;
- загрязнение питьевой воды;
- присутствие химических загрязнителей ([токсикантов](#)) на рабочих местах;
- загрязнение почв и вод пестицидами;
- обеднение озонового слоя в стратосфере.

Наиболее серьёзные экологические риски, по мнению тех же специалистов, создавали:

- глобальное изменение климата;
- обеднение озонового слоя в стратосфере;
- изменение компонентов среды обитания;
- гибель популяций и потери в [биологическом разнообразии](#).

Сопоставление этих перечней показывает, что разделение рисков на экологические и риски угрозы здоровью является условным. Так, обеднение озонового слоя, загрязнение воздуха, воды и почв, которое наблюдается повсеместно, распространение пестицидов создает как риски для здоровья людей, так и риски для экологических систем. Классификация техногенного риска представлена на рис. 1.1.

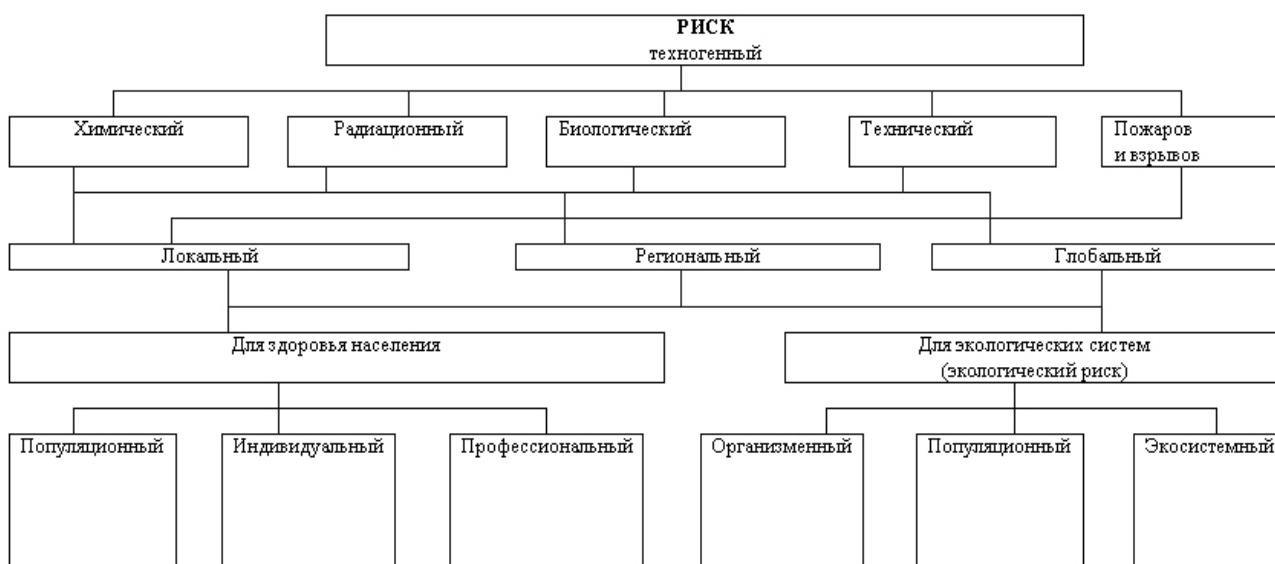


Рис. 1.1. Классификация техногенного риска

По масштабам воздействия [техногенный риск](#) можно разделить на следующие виды: локальный, региональный и глобальный.

Рассматривая риск для здоровья населения, выделяют риск заболеваний или смерти для определённого контингента людей в масштабах локальной местности или отдельного региона,

индивидуальный риск, связанный с загрязнением, авариями или воздействием каких-либо вредных факторов, а также риск, связанный с профессиональной деятельностью. Риск для здоровья и жизни населения, связанный с загрязнением окружающей среды, часто называют экологическим риском.

Мы, как и большинство исследователей, будем считать, что к экологическому риску относится риск именно для существования экологических систем.

Причём экологический риск рассматривают на организменном, популяционном или системном уровнях.

Рассматривая риск для здоровья населения, выделяют риск на популяционном или системном уровнях.

### 1.3. Уровни риска, обусловленные разными опасностями

Риск всегда является статистической величиной и связан с проявлениями тех или иных опасностей.

Риск представляет собой вероятность возникновения вредных эффектов для здоровья или жизни человека, группы людей или населения при наличии какой-либо опасности.

Количественно риск выражается величинами от нуля до единицы. При риске равном нулю существует уверенность в том, что вред не будет нанесён, т.е. вероятность вреда равна нулю, при риске равном единице вред будет нанесён, вне всякого сомнения.

Каждый из нас выживает от одного дня до другого, преодолевая различные опасности и рискуя попасть в тяжёлую ситуацию почти на каждом шагу.

Таблица 1.1

Индивидуальный риск преждевременного фатального исхода, обусловленного различными причинами, для населения США

Причина или место несчастного случая	Общее число жертв за 1969 год	Уровень риска или вероятность преждевременной смерти
Автомобильный транспорт	55 791	$3 \times 10^{-4}$
Падение	17 827	$9 \times 10^{-5}$
Пожар или ожог	7 451	$4 \times 10^{-5}$
Утопление	6 181	$3 \times 10^{-5}$
Отравление	4 516	$2 \times 10^{-5}$
Огнестрельное оружие	2 309	$1 \times 10^{-5}$
Станочное оборудование	2 054	$1 \times 10^{-5}$
Водный транспорт	1 743	$9 \times 10^{-6}$
Воздушный транспорт	1 778	$9 \times 10^{-6}$
Падающие предметы	1 271	$6 \times 10^{-6}$
Электрический ток	1 148	$6 \times 10^{-6}$
Железная дорога	884	$4 \times 10^{-6}$
Молния	160	$5 \times 10^{-7}$
Торнадо	118*	$4 \times 10^{-7}$
Ураган	90**	$4 \times 10^{-7}$
Все прочие	8 695	$4 \times 10^{-5}$
Общее число жертв	115 000	$6 \times 10^{-4}$

\* – Средние значения за 1953–1971 гг.

\*\* – Средние значения за 1901–1972 гг.

В табл. 1.1 приведены показатели риска, основанные на данных, относящихся ко всему населению США и к некоторым выборочным группам населения (Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото).

В данном случае величина риска  $R$  определена как отношение количества  $N_c$  смертей за год, обусловленных той или иной причиной, к общей численности населения  $N$

$$R = \frac{N_c}{N} \quad (1.1)$$

Среднее число жертв от таких редких природных явлений как торнадо и ураган определено для длительного исторического промежутка времени. Общая численность населения США на 1969 год составляла 190 миллионов людей.

Интересно оценить уровень риска смерти, обусловленного различными причинами, для граждан России. В табл. 1.2 представлены данные Министерства по чрезвычайным ситуациям и Минздрава РФ о смертности населения за 2000 год и вычисленные в соответствии с формулой (1.1) уровни риска смерти.

Таблица 1.2

Индивидуальный риск преждевременного фатального исхода для населения России

Причина или место несчастного случая	Общее число смертей за 2000 год	Уровень риска или вероятность преждевременной смерти
Болезни кровообращения	1222711	$8,4 \times 10^{-3}$
Раковые опухоли	296838	$2 \times 10^{-3}$
Самоубийства	56568	$4 \times 10^{-4}$
Убийства	40532	$2,8 \times 10^{-4}$
Автомобильный транспорт	39341	$2,7 \times 10^{-4}$
Отравление алкоголем	33979	$2,3 \times 10^{-4}$
Туберкулёз	29585	$2 \times 10^{-4}$
Утопление	15866	$1,1 \times 10^{-4}$
Взрывы и пожары	460	$3,2 \times 10^{-6}$
Теракты	62	$4,3 \times 10^{-7}$
Авиакатастрофы	50	$3,4 \times 10^{-7}$
Водный транспорт	33	$2,2 \times 10^{-7}$
Сход снежных лавин и сели	26	$1,8 \times 10^{-7}$
Аварии на железных дорогах	3	$2 \times 10^{-8}$
Сильные ветры	2	$1,3 \times 10^{-8}$
Общее число жертв	1736076	$1,19 \times 10^{-2}$

Численность населения России в 2000 году составила 145 миллионов 500 тысяч человек. Анализ данных, приведённых в табл. 1.2 показывает, что общее число смертей составляет  $1,19 \cdot 10^{-2}$ , что превышает эволюционно приемлемый уровень риска. Однако, если исключить число смертей, обусловленных болезнями кровообращения и раковыми опухолями, риск смерти от которых составляет  $1,04 \cdot 10^{-2}$ , то риск общей смертности составит  $15 \cdot 10^{-4}$ , что в 2,5 раза выше риска смертности от всех причин, приведённых в табл. 1.1. Сопоставляя данные по уровню риска в США в 1969 году и в России в 2000 году можно отметить, что риск смерти в автомобильных катастрофах и риск гибели от пожара имеет близкие величины для обеих стран, несмотря на различные периоды оценки. Для России 2000 года характерен очень высокий уровень риска смерти от самоубийств, убийств, туберкулёза, отравления алкоголем и утоплений, что говорит об очень высоком уровне социального неблагополучия общества.

#### 1.4. Уровни индивидуального риска

При оценке экологического риска, создаваемого техногенными системами во многих случаях оценивают показатели здоровья населения или определённого контингента лиц, а также показатели материального ущерба и экономических потерь.

Согласно определению ВОЗ, здоровье человека это – состояние полного физического, психологического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней, травм или физических дефектов. В терминах риска можно говорить о приемлемом уровне благополучия.

В качестве критерия при определении риска чаще всего используется число смертельных случаев.

Источники риска смерти по своему происхождению являются естественными и искусственными или антропогенными, возникающими в результате человеческой деятельности.

К источникам риска естественного происхождения относятся внутренняя среда организма и естественная среда обитания.

Внутренняя среда это состояние здоровья и психики человека, определяемые с одной стороны протеканием биологических процессов в организме, а с другой состоянием общества.

Среда обитания содержит естественные источники риска – природные явления типа землетрясений, ураганов, наводнения, солнечной радиации и т.п., и различных техногенных систем, воздействующих на окружающую среду. Состояние среды обитания тесно связано с [антропогенным](#) воздействием на окружающую природу и поэтому иногда оценивают такой показатель, как риск создаваемый искусственной средой обитания.

На уровень риска также оказывает воздействие профессиональная и не профессиональная деятельность человека, а также социальная среда.

Если принять возраст человека 100 лет за предельную точку риска, которой соответствует вероятность наступления смерти равная 1, и вероятность смерти распределить равномерно на продолжительность всей жизни, то вероятность (риск) смерти составит 1 % в год. Это совпадает со статистическими данными естественной смерти от болезней, величина которой составляет  $10^{-2}$  на человека в год (см. табл. 1.3, в которой представлены данные из работы (Ковалёв Е.Е, 1976)). В первом приближении уровень естественной смертности можно считать эволюционно приемлемым уровнем риска.

Данные, приведённые в табл. 1.3, показывают, что риск естественной смерти на 1 – 2 порядка выше, чем риск, связанный с техногенным воздействием и профессиональной деятельностью, и на 3 – 4 порядка выше, чем риск, связанный с воздействием природных факторов окружающей среды. Только некоторые виды профессиональной деятельности, как, например, производство горчичного газа, создают риск того же порядка, что и естественная смерть.

Эти вероятности подсчитаны путём деления количества наблюдавшихся ежегодно смертей на общее число жителей страны. Видно, что уровень риска смерти от "внутренних" причин, составляет порядка  $10^{-2}$ , уровень риска смерти от "внешних" причин меньше на два порядка. В то же время среди внешних причин резко доминируют [аварии](#) на транспорте. Аварии на воздушном транспорте характеризуются таким же уровнем риска, что и природные катастрофы.

Классификация источников риска и его уровни

Источник риска	Уровень риска
Естественная смерть (естественные болезни, старость):	$10^{-2}$
Внутренняя среда обитания	$10^{-4} - 10^{-2}$
Естественная среда организма	$3 \times 10^{-8} - 10^{-2}$
Искусственная среда обитания:	$3 \times 10^{-2} - 10^{-3}$
Несчастные случаи, в том числе:	
всего	$58 \times 10^{-4}$
в автотранспорте	$28 \times 10^{-4}$
при падении	$9 \times 10^{-5}$
на воде	$4 \times 10^{-5}$
при пожарах	$4 \times 10^{-5}$
прочие	$13 \times 10^{-4}$
Выбросы ТЭС и загрязнение атмосферы	$4 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-5}$
Выхлопные газы автомобилей	$(1 - 5) \times 10^{-4}$
Катастрофы в искусственной среде обитания (смог, аварийное загрязнение и т.п.)	$10^{-4} - 10^{-5}$
Все причинно-месте взятые	$10^{-3}$
Профессиональная деятельность:	$10^{-4} - 10^{-2}$
Промышленность:	
производство горючего газа	$10^{-2}$
углекислотное и вулканизация	$(2 - 10) \times 10^{-3}$
угельная промышленность	$5 \times 10^{-4} - 1,2 \times 10^{-3}$
обрабатывающая промышленность	$(0,8 - 1,2) \times 10^{-4}$
текстильная, бумажная, типографская, пищевая промышленность	$(1 - 10) \times 10^{-5}$
швейная и обувная промышленность	$(1 - 10) \times 10^{-4}$
Строительство	$7 \times 10^{-4} - 1,2 \times 10^{-3}$
Сельское хозяйство	$6 \times 10^{-4}$
Автотранспорт	$6 \times 10^{-4}$
Сфера обслуживания	$10^{-4}$
Торговля	$7 \times 10^{-5}$

В табл. 1.4 представлены уровни индивидуального риска смерти в год, определённые по статистическим данным Великобритании (Chicken J.C., 1996).

Таблица 1.4

Величины индивидуального риска смерти, рассчитанные для одного года

Причины смерти	Вероятность одной смерти в год
Все причины	$10^{-2}$
Все «внутренние» причины (болезни)	$10^{-2}$
Все «внешние» причины (аварии, отравления, насилие и т.п.)	$10^{-4}$
Все аварии на транспорте	$10^{-4}$
Случайные отравления	$10^{-5}$
Травматизм на производстве	$10^{-5}$
Аварии на воздушном транспорте	$10^{-4}$

Данные таблиц 1.1 – 1.4 в части уровня риска естественной смерти и уровня риска от одинаковых источников опасности достаточно хорошо совпадают, несмотря на различные страны и различные интервалы времени, что подтверждает стабильность некоторых показателей для большинства стран мира.

Посмотрим на риск с точки зрения благополучия людей, а конкретнее с точки зрения [здоровья](#). Известно, что одной из наиболее опасных болезней нашего века является рак. Это одна из важнейших мировых проблем. Около 2.9 миллионов человек в развитых странах и около 3 миллионов человек в развивающихся странах заболевает раком ежегодно.

Причины раковых заболеваний

Причина	% случаев, обусловленных данной причиной	Возможные вариации в оценке % заболеваний
Курение	30	25 – 40
Продукты питания (без химических добавок)	35	10 – 70
Химические добавки в продуктах питания	1	2 – 5
Алкоголь	3	2 – 4
Загрязнение воздуха и воды	2	1 – 5
Медицинские услуги (лекарства, рентгенография)	1	0,5 – 3
Неблагоприятные условия работы	5	2 – 8
Естественная радиация (ультрафиолет, космические лучи)	3	2 – 5
Антропогенная радиация	2	1 – 2
Бытовые материалы (алебастр, аэрозоли, краски для волос и т.п.)	1	1 – 2
Другие причины, не связанные с окружающей средой	17	–
Всего:	100	–

## 1.5. Профессиональный риск

**Профессиональный риск** связан с профессиональной деятельностью людей и определяется для ограниченного контингента лиц, занятых тем или иным видом деятельности.

В гигиеническую литературу термин "профессиональный риск", как и термин "риск", вошёл вместе с рекомендацией Международной организации по стандартизации (ИСО) по оценке вероятности потери слуха от шума (ИСО Р-1999, 1971). В 1977 г. Международная организация труда (МОТ) приняла Конвенцию 148 "О защите трудящихся от профессионального риска, вызываемого загрязнением воздуха, шумом и вибрацией на рабочих местах".

Закон "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и **профессиональных заболеваний**" (Об обязательном ..., 1998) даёт следующее определение профессионального риска:

**Профессиональный риск** есть вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту).

Объектом страхования являются имущественные интересы физических лиц, связанные с утратой ими здоровья, профессиональной трудоспособности либо их смертью вследствие несчастного случая или **профзаболевания**.

В связи с этим профессиональный риск можно определить как риск для жизни или здоровья, связанный с трудовой деятельностью.

Профессиональный риск включает:

1. – риск смерти в результате острого действия или хронического действия независимо от длительности болезни, если установлена связь с профессией;
2. – риск травмы;
3. – риск профессионального заболевания как любого ненормального состояния или нарушения (кроме травм), вызванного воздействием факторов, связанных с трудовой деятельностью, и возникшего за период более одного рабочего дня или смены.

Иногда травмы и профзаболевания (например, законодательство провинции Квебек, Канада) объединяют единым термином – "профессиональные поражения" (Профессиональный риск, 2001).

Данные о риске для некоторых профессий (Ковалёв Е.Е., 1976)

Источник риска	Уровень риска на человека в год
Пожарный	$2 \times 10^{-4}$
Полицейский	$3 \times 10^{-4}$
Верхолаз	$6,5 \times 10^{-3}$
Тракторист	$8,5 \times 10^{-3}$
Экипаж гражданского самолёта – условия нормального риска	$4,5 \times 10^{-4}$
Экипаж реактивного бомбардировщика	$2,5 \times 10^{-3}$
Пилот серийного реактивного истребителя	$2 \times 10^{-2}$
Лётчик-испытатель	$1,2 \times 10^{-1}$

В табл. 1.6 приведены данные о риске смерти, обусловленные производственными причинами, для рабочих разных профессий.

Как видно из данных, приведённых в табл. 1.3 и табл. 1.6, уровень риска смертельных исходов для всех профессий сильно зависит от рода профессиональной деятельности и колеблется в широком диапазоне от  $10^{-6}$  до  $10^{-2}$  на человека в год. Понятно, что эти уровни риска определяются и рассматриваются только для ограниченных контингентов лиц, занятых в данной отрасли или имеющих данную специальность.

## 1.6. Оценка риска с учётом ущерба

До сих пор мы говорили о риске смерти и заболеваний и рассматривали опасности и факторы, влияющие на величину риска.

Очень часто при оценке риска учитывают не только величину самого риска, но и ущерб, который является следствием проявления опасного фактора. Ущерб может быть экономическим, социальным, экологическим и т.д. Другими словами, в каждом конкретном случае ущерб может быть выражен различными показателями, например: продолжительность жизни, [заболеваемость](#) населения или определённой группы лиц, уменьшение [биологического разнообразия](#) и др. Любой ущерб может быть оценён в денежном выражении, хотя это не всегда просто сделать.

Обычно при оценке риска его характеризуют двумя величинами – вероятностью события  $R_i$  и последствиями (величиной ущерба)  $Q_i$ . В этом случае риск  $R$  определяют как произведение вероятности опасного события, т.е. самой величины риска, на величину ожидаемых последствий (ущербов):

$$R = R_i * Q_i \quad (1.2)$$

В данном понимании риск – это двумерная величина, характеризующаяся риском аварии и размерами потерь.

Риск  $R_i$ , обусловленный воздействием техногенных систем (довольно часто его называют "техно-производственный риск") – это риск нанесения ущерба окружающей среде и здоровью людей вследствие аварии техногенной системы.

**Технический риск** – это прежде всего риск аварий. [Аварии](#) могут возникать вследствие различных факторов или опасных воздействий. На практике оценивают риск выхода из строя (отказа) оборудования или отдельных частей технической системы; риск аварии, возникающий в результате ошибок при проектировании; риск аварии, обусловленный ошибками при монтаже и строительстве; риск аварии, обусловленный нарушением правил эксплуатации и технологических режимов и т.д.

Величина риска аварии зависит от надёжности технической системы. Чем выше надёжность системы, тем меньше вероятность аварии. Проблемы оценки величины риска аварий и надёжности технических систем будут более детально рассмотрены во второй главе.

Ущерб от аварии – это потери (убытки) в производственной и непроизводственной сфере для жизнедеятельности человека, а также вследствие вреда окружающей природной среде, нанесённые в результате аварии технической системы.

Ущерб или потери могут быть оценены, прежде всего, в денежном выражении, а также в числе пострадавших людей, числе заболевших людей, количестве потерянных дней жизни, числе потерянных дней трудоспособности, числе исчезнувших видов экосистемы и других объективных показателях.



Мы уже убедились в том, что любой вид человеческой деятельности и жизни вообще связан с риском. Вопрос заключается в том – согласен ли человек рисковать, ради чего он должен рисковать и на какую степень риска он может согласиться? Проблемы оценки уровня риска возникли в связи с применением новой техники и технологий. Эти проблемы соединяют в себе медицинские, психологические, политические, социальные и мировоззренческие аспекты, поскольку они касаются основного вопроса, а именно вопроса о ценности человеческой жизни. Как правило, применение новой техники, новых устройств, приборов, новых технологий приносит не только дополнительную пользу для общества, но и создает дополнительные неблагоприятные воздействия.

В связи с решением данной проблемы появилась концепция приемлемости риска. Она основана на том, что абсолютная безопасность никаких новых устройств и технологий не может быть достигнута. Поэтому при разработке любого нового проекта, любого нового продукта, любого нового устройства требуется всесторонняя оценка степени его опасности и величины пользы, которую он обещает принести.

Проблема оценки риска новых технологий и техники сводится к двум основным задачам:

1. – Какой уровень риска при данном уровне развития техники неустраним и поэтому должен предусматриваться в проекте?
2. – Какой уровень риска можно считать приемлемым?

Для оценки приемлемости риска анализируют, прежде всего, выгоды, которые даёт применение новых технологий и техники, уровень риска данной технологии и техники, величины потерь и затраты на снижение риска. Кроме того, также учитывают психологические и социальные факторы.

Проблема соотношения между риском и выгодами от внедрения новых технологий и техники является весьма сложной. Так, если стремиться снизить риск от облучения при использовании радиационных технологий до нуля, то затраты на обеспечение безопасности могут оказаться непомерно большими. Лишение же общества возможности пользоваться выгодами, полученными за счёт применения данной технологии или устройства, могут привести к ещё большим потерям. Например, рентгеновская диагностика позволяет ежегодно спасти около 100 тысяч человек в мире, вместе с тем вследствие дополнительного облучения увеличивается количество злокачественных заболеваний и генетических повреждений, что приводит к дополнительной потере примерно 30 тысяч жизней за то же время.

В настоящее время принято считать, что любой вид деятельности приемлем лишь в том случае, если польза (выгода), которая будет получена благодаря осуществлению этого вида деятельности, будет превышать все отрицательные последствия или другими словами суммарная прибыль должна быть больше суммарных затрат.

Исходя из этой концепции Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ), разрабатывая основы безопасности ядерных технологий, связанных с облучением людей, предложила критерии приемлемости риска в следующем виде (Рекомендации МКРЗ, публикация № 26, 1978; Рекомендации МКРЗ, публикация № 40 – 43, 1987):

***"Риск, вносимый применением новой техники или технологии, может считаться социально приемлемым, если одним из конечных эффектов применения её будет снижение суммарного риска, которому подвергаются люди".***

Это определение подходит только для идеального случая, когда применение новых технологий даёт дополнительные выгоды и одновременно снижает уровень риска. Это бывает чрезвычайно редко. Чаще новые технологии несут в себе новые неблагоприятные факторы и повышение риска (Чухин С.Г. 1991).

Если окажется, что дополнительный риск, вносимый новой техникой, не компенсируется снижением уровней других рисков и суммарный риск в итоге возрастает при этом приносимые выгоды меньше потерь, разумно считать его социально неприемлемым и вводить дополнительные меры безопасности или вообще отказаться от применения новшества.

Самые опасные с точки зрения общественности факторы, угрожающие здоровью и жизни людей, далеко не всегда являются таковыми на самом деле. Трём группам граждан США – членам Лиги

женщин-избирательниц, студентам высших учебных заведений и представителям деловых и промышленных кругов – было предложено расположить 30 возможных источников, приводящих к преждевременной гибели людей, в порядке убывания их опасности для человека (Радиация, 1990). Эти последовательности, представлены в табл. 1.7.

В первых трёх столбцах приведены результаты анализа ответов для каждой из трёх групп. Их ответы сравниваются с результатом статистических оценок (четвёртый столбец) числа людей в США, погибших за год от соответствующего источника. Атомная энергетика, стоящая, по мнению женщин и студентов, первой в этом ряду, а по оценке бизнесменов – на восьмом месте, занимает в действительности двадцатое место. Рентгенологические обследования, которые все три группы поместили где-то в конце списка, стоят на девятом месте согласно статистическим данным. Курение, занимающее по статистическим данным первое место, две группы поместили на 4-е место и одна на 3-е.

Опасности реальные и предполагаемые (Радиация, 1990).

Женщины	Студенты	Бизнесмены	Статистические данные	Число случаев смерти в год в США
1. Атомная энергетика	1. Атомная энергетика	1. Огнестрельное оружие	1. Курение	150 000
2. Автомобили	2. Огнестрельное оружие	2. Мотоциклы	2. Алкоголь	100 000
3. Огнестрельное оружие	3. Курение	3. Автомобили	3. Автомобили	50 000
4. Курение	4. Пестициды	4. Курение	4. Огнестрельное оружие	17 000
5. Мотоциклы	5. Антибиотики	5. Алкоголь	5. Электричество	14 000
6. Алкоголь	6. Мотоциклы	6. Пожары	6. Мотоциклы	3 000
7. Авиация	7. Алкоголь	7. Работа в полиции	7. Плавание	3 000
8. Работа в полиции	8. Работа в полиции	8. Атомная энергетика	8. Хирургия	2 800
9. Пестициды	9. Противосадовые средства	9. Хирургия	9. Рентген облучение	2 300
10. Хирургия	10. Тушение пожаров	10. Охота	10. Желез. дороги	1 950
11. Тушение пожаров	11. Хирургия	11. Авиация	11. Авиация	1 300
12. Строительство	12. Консерванты	12. Альпинизм	12. Строительство	1 000
13. Охота	13. Аэросоль быту	13. Строительство	13. Велосипеды	1 000
14. Аэросоль быту	14. Строительство	14. Велосипеды	14. Охота	800
15. Альпинизм	15. Авиация	15. Пестициды	15. Бытовые травмы	200
16. Велосипеды	16. Гражданская авиация	16. Лыжи	16. Тушение пожаров	195
17. Гражданская авиация	17. Рентген облучение	17. Плавание	17. Работа в полиции	160
18. Электричество	18. Охота	18. Гражданская авиация	18. Противосадовые средства	150
19. Плавание	19. Электричество	19. Электричество	19. Гражданская авиация	130
20. Противосадовые средства	20. Пищевые красители	20. Желез. дороги	20. Атомная энергетика	100
21. Лыжи	21. Антибиотики	21. Национальный футбол	21. Альпинизм	30
22. Рентген облучение	22. Альпинизм	22. Противосадовые средства	22. Сельскохозяйственная	24
23. Национальный футбол	23. Желез. дороги	23. Аэросоль быту	23. Национальный футбол	23
24. Желез. дороги	24. Велосипеды	24. Рентген облучение	24. Лыжи	18
25. Консерванты	25. Лыжи	25. Сельскохозяйственная	25. Прививки	10
26. Пищевые красители	26. Национальный футбол	26. Антибиотики	26. Пищевые красители	
27. Сельскохозяйственная	27. Бытовые травмы	27. Бытовые травмы	27. Консерванты	
28. Антибиотики	28. Сельскохозяйственная	28. Консерванты	28. Пестициды	
29. Бытовые травмы	29. Прививки	29. Прививки	29. Антибиотики	
30. Прививки	30. Плавание	30. Пищевые красители	30. Аэросоль быту	

Приведённые данные показывают, что оценки риска населением не всегда объективны и не всегда соответствуют количественным оценкам, и подчеркивают важность и необходимость количественного анализа риска и учёта других факторов при принятии решения о приемлемости риска.

До сих пор мы говорили о риске смерти и заболеваний и рассматривали опасности и факторы, влияющие на величину риска.

Для того, чтобы оценить пользу и вред новых технологий, производств или оценить целесообразность введения дополнительных средств защиты, все затраты, полезные и вредные эффекты должны быть представлены в денежном выражении.

### 1.7.1. Экономические факторы приемлемости риска

Каждому виду деятельности человека, дающему полезные результаты, сопутствуют отрицательные эффекты, создающие дополнительный риск. Поэтому большинство решений о приемлемости того или иного предложения основано на анализе "затраты-выгода".

В общем случае под пользой понимают все возможные полезные эффекты от того или иного вида деятельности, нового производства или новой технологии, а под вредом – все отрицательные эффекты. Принятие риска обществом в основном зависит от оценки связанных с риском благ. На рис 1.2 показана связь между выгодой каких-то действий, технологий и т.п. и приемлемым риском, выраженным в виде вероятности смерти на человека в год.



Рис. 1.2. Степень принятия риска обществом

Наибольшим уровнем приемлемого риска принят естественный уровень смерти, равный  $10^{-2}$ , как мы уже видели раньше, а за наименьший уровень принят риск смерти от естественных природных факторов, равный примерно  $10^{-7}$ .

Для уменьшения риска при внедрении новых технологий и техники требуется увеличивать затраты на обеспечение безопасности. Установлено, что затраты растут линейно, а риск уменьшается по экспоненциальному закону, как показано на рис. 1.3.

Суммарная зависимость затрат и потерь имеет явно выраженный минимум. Меры управления риском вводятся в соответствии с этим минимумом, однако при этом должны соблюдаться еще два условия: 1 – обеспечиваемый уровень риска должен быть приемлемым; 2 – величина экономической пользы В должна быть больше нуля.

Международный комитет по радиационной защите разработал концепцию "польза –вред". Согласно этой концепции, конкретное средство защиты или мероприятие должно применяться только в том случае (Рекомендации МКРЗ, публикация № 26, 1978, № 40-43, 1987): если экономическая польза от его использования будет превышать затраты на его внедрение.

Величина экономической пользы в денежном выражении В определяется как:

$$B = V - (P + X + Y), \quad (1.3)$$

где В – чистая польза, V – максимально возможная полная польза, P – расходы на производство, X – расходы на обеспечение выбранного уровня безопасности, Y – ущерб. Очевидно, что критерием оптимального защитного мероприятия или производства служит максимум величины В.

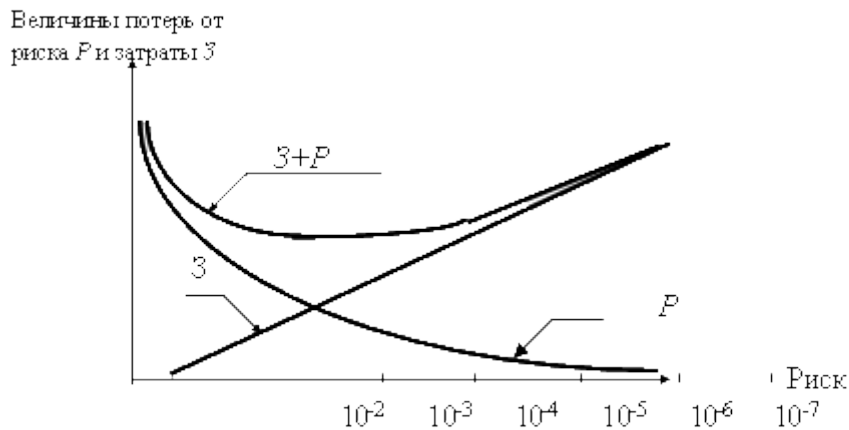


Рис. 1.3. Зависимость между расходами на снижение риска (затраты  $Z$ ) и снижением потерь от риска  $P$

Совокупные затраты или потери ( $X+Y$ ) складываются из затрат на защитные мероприятия и экономических потерь от ущерба здоровью (смерть, заболевание) вследствие аварий. При решении проблемы безопасности любой технической системы имеет место единственный уровень ( $X_{\text{опт}}$ ), при котором затраты минимальны. При недостаточных затратах ( $X < X_{\text{опт}}$ ), возможно появление больших ущербов. При больших затратах ( $X > X_{\text{опт}}$ ), затраты на средства защиты завышены и экономический эффект снижается.

### 1.7.2. Социальные факторы

Социальная приемлемость риска зависит, помимо уже упомянутых экономических факторов, от социальных факторов. К социальным факторам могут быть отнесены:

- степень опасности профессиональной или иной деятельности;
- количество людей, подвергающихся опасности;
- продолжительность действия [вредного фактора](#).

Приемлемость значений риска может быть определена путём сравнения риска летального исхода от различных причин, связанных как с профессиональной деятельностью, так и с другими видами деятельности человека. При этом рекомендуется использовать ориентировочную шкалу приемлемости риска и условий профессиональной безопасности, см. табл. 1.8.

В соответствии с приведённой шкалой можно сделать вывод, что чем безопаснее тот или иной вид деятельности, тем он более приемлем для общества и отдельных людей. В этой шкале приемлемость риска непосредственно связана с уровнем индивидуальной безопасности.

Условия профессиональной деятельности, для которых риск смерти составляет менее  $1 \cdot 10^{-4}$  на человека в год, относятся к безопасным. Такие условия существуют в швейной, обувной текстильной, бумажной, типографской, пищевой и лесной промышленности.

Условия профессиональной деятельности, для которых риск смерти составляет  $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$  на человека в год, считаются относительно безопасными. Такой диапазон риска имеют профессии в металлургической, судостроительной, угледобывающей, чугунолитейной промышленности, в гончарном и керамическом производстве, а также в гражданской авиации. Многие из этих профессий являются престижными или высокооплачиваемыми, поэтому такой уровень риска не вызывает возражения у населения, но вызывает обеспокоенность у контингента лиц, имеющих отношение к этим видам деятельности.

Классификация условий профессиональной безопасности  
и шкала приемлемости риска

Категория	Условия профессиональной деятельности	Диапазон риска смерти (на человека в год)	Оценка приемлемости риска
I	Безопасные	$1 \times 10^{-4}$	Пренебрежимо малый уровень риска
II	Относительно безопасные	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	Относительно невысокий уровень риска
III	Опасные	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$	Высокий уровень риска, рекомендуется принятие мер безопасности
IV	Очень опасные	$1 \times 10^{-2}$	Исключительно высокий уровень риска, необходимо принятие мер защиты

Трудно найти виды несчастных случаев, обусловленных бытовыми и естественными причинами, с риском смерти для населения порядка  $1 \cdot 10^{-3}$ , см. табл. 1.1. Очевидно, этот уровень риска является вообще неприемлемым, и если он появляется в связи с профессиональной деятельностью, то принимаются меры для его снижения. При уровне риска порядка  $10^{-4}$  в год люди готовы тратить средства на уменьшение риска, и не возражают, если это делают специалисты, но сами уже не проявляют беспокойства. Риск смертельных случаев на уровне  $10^{-5}$  ещё обращает на себя внимание, но люди согласны на весьма ограниченные затраты во имя снижения риска до этого уровня.

Условия профессиональной деятельности с уровнем риска  $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$  считаются опасными и обязательно требуют принятия мер безопасности.

Считают, что риск смерти при любом виде деятельности не должен превышать обычного уровня риска смерти, т.е.  $10^{-2}$  на человека в год. Это фактически означает, что любые виды деятельности современного человека, имеющие такую степень риска, не могут считаться социально приемлемыми, хотя для добровольного риска не существует какого-либо установленного предела.

Риск, связанный с работой, ограничен продолжительностью профессиональной деятельности: для большинства профессий это 25 лет. Но есть много профессий с ограниченным сроком работы: рентгенологи – 10 лет, металлурги – 15 лет и др., другими словами, чем выше риск, тем короче должен быть период воздействия.

Для оценки приемлемости риска любых видов деятельности используют вероятностные критерии Эшби. Они представляют собой вероятности одного фатального случая в год, обусловленного той или иной деятельностью (см. табл. 1.9).

Степень опасности для общества определяется не только уровнем опасности для определённых лиц, но и количеством вовлечённого населения. Очевидно, что чем больше населения вовлечено в какую-то деятельность или может пострадать от какой-то технологии, тем более высокие требования должны быть предъявлены к безопасности и тем меньший индивидуальный риск должен быть обеспечен.

Считается, что максимально допустимый риск для близлежащего к атомным электростанциям населения, связанный с радиационным воздействием на население не должен превышать  $10^{-7}$  на человека в год. Этот уровень, как видим, не превышает уровня смертности от стихийных бедствий. В этот риск вовлечено большое количество населения с длительным периодом воздействия. В случае строительства АЭС в каком-либо месте она будет оказывать негативное влияние на близлежащее население на протяжении многих поколений.

Говоря о социальных факторах, следует обратить внимание на ущерб здоровью вследствие воздействия социально-психологических факторов техногенных аварий. Техногенные аварии с тяжёлыми последствиями такие, как Чернобыльская, Кыштымская, аварии на химических заводах в Германии, Индии, Китае, России и др. приводят к распространению в народе так называемых стрессзависимых заболеваний (фобий).

Критерии приемлемости риска (по Эшби)

Ранг риска	Вероятность одной смерти в год	Степень приемлемости
1	Не менее $1 \times 10^{-3}$	Риск неприемлем
2	Порядка $10^{-4}$	Риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	Порядка $10^{-5}$	Требуется детальное обоснование приемлемости
4	Порядка $10^{-6}$ и менее	Риск приемлем без ограничений

К числу заболеваний, обусловленных психологическим стрессом, относят: гипертоническую болезнь, ишемическую болезнь сердца, болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, сахарный диабет, расстройства нервной системы и некоторые другие (см. третью главу).

### 1.7.3. Психологические факторы

К психологическим факторам можно отнести:

- осведомлённость или информированность об опасности;
- добровольность или принудительность риска;
- новизну технологии или вида деятельности.

Осведомлённость об опасности является важным психологическим фактором. «У страха глаза велики» – гласит народная мудрость. Незнание опасности порождает полное пренебрежение, недостоверное или неполное знание часто приводит к преувеличению опасности, как, например, в отношении ядерной энергетики. Существует такое понятие – радиофобия или страх, который проявляется в полном отрицании всего, что имеет отношение к радиации. Радиофобия возникла вследствие того, что в течение очень длительного времени во всем мире существовала засекреченность ядерных технологий и всего, что имело к этому какое-либо отношение. Таким образом, этот источник опасности с одной стороны был наименее знаком общественности, а с другой стороны становились известными факты чрезвычайно опасных воздействий радиационных факторов на население, особенно ядерных взрывов.

Это также повлияло на принятие уровня риска для населения, живущего вблизи АЭС равного  $10^{-6}$ . Анализ данных, приведённых в табл. 1.7, показывает что многие граждане очень сильно преувеличивают опасность атомной энергетики и ставят её на первое место по уровню создаваемого риска.

О том, насколько важна информированность людей о риске, связанном с производством ядерной энергии, можно судить на примере Франции (Ваганов П.А., 1997).

Респондентам предлагалось оценить риск различных источников повышенной опасности. Обработка ответов позволила определить рейтинги этих источников, которые приведены в табл. 1.10.

Видно, что в списке рейтингов ядерная энергетика занимает тринадцатое место, её показатель значительно ниже, чем у химических заводов, что отражает реальное соотношение между соответствующими факторами риска.

Социологические исследования показывают, что следует значительно повысить роль общественности не только в оценке того риска, который ей предлагается взять на себя, но и в вынесении окончательного решения по поводу рассматриваемого риска. Если это не будет сделано, то всё больше людей в современном обществе будет заявлять о своём нежелании подвергаться любому принудительному риску, включая ядерный. Чтобы этого не происходило, нужна всесторонняя, достоверная и объективная информация.

Рассматривая психологические факторы уместно говорить об индивидуальном героизме и коллективном психозе. Об индивидуальном риске человек часто не задумывается, бросаясь спасать кого-либо в чрезвычайной ситуации, и часто гибнет сам из-за безрассудства.



Критерии приемлемости риска (по Эшби)

Ранг риска	Вероятность одной смерти в год	Степень приемлемости
1	Не менее $1 \times 10^{-3}$	Риск неприемлем
2	Порядка $10^{-4}$	Риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	Порядка $10^{-5}$	Требуется детальное обоснование приемлемости
4	Порядка $10^{-6}$ и менее	Риск приемлем без ограничений

Существует большая разница восприятия добровольного риска и риска по принуждению. Многие охотно идут на риск ради развлечений, считая, что удовольствие, которое они получают, например, от прыжков на лыжах с трамплина или от альпинизма было бы менее полным в отсутствие опасности. Езда на мотоциклах и автомобилях, курение и спиртные напитки представляют собой факторы добровольного риска, поэтому люди находят их вполне приемлемыми. Более того, многие убеждены, что свобода рисковать собственным здоровьем и жизнью является неотъемлемым правом личности. Таким образом, общественное мнение воспринимает добровольный риск со значительно меньшей степенью враждебности, чем риск по принуждению.

Люди склонны воспринимать риск, связанный с природными явлениями, и не принимают риск, обусловленный антропогенными или техногенными факторами. По этой причине рейтинг факторов риска, связанных с природными процессами, всегда занижен по сравнению с риском событий, составляющих сознательную деятельность человека. Из табл. 1.2 видно, что природные факторы риска отсутствуют в первом десятке ранжируемых опасностей.

Большую роль при установлении приемлемости риска играют различные факторы восприятия риска обществом и отдельными личностями.

Характеристики основных факторов описаны ниже (Ваганов П.А., Ман-Сунг Им, 2001).

**Фактор катастрофичности** означает, что события, в результате которых появляются человеческие жертвы, сгруппированные во времени и пространстве (например, взрыв на химическом комбинате), вызывают усиленное восприятие риска по сравнению с событиями, жертвы которых рассеяны по пространству и времени. Пример последних – аварии автомобильного транспорта.

Влияние **фактора знакомства** приводит к тому, что риски, вызванные мало или совсем неизвестными явлениями или процессами, воспринимаются с трудом. Так, большинство людей не знают, почему использование некоторых веществ (фреона и других фтороводородов) влечёт за собой истощение озонового слоя Земли, зато они хорошо знакомы с последствиями удара молнии.

**Фактор понимания** обусловлен тем, насколько данные явления или процессы понятны людям. Чем меньше понимание, тем больше внутренняя обеспокоенность и недоверие и, как следствие, меньшая склонность воспринимать соответствующий риск. Например, степень восприятия риска, связанного с воздействием радиации, существенно ниже, нежели риска, которому подвергается переходящий улицу пешеход.

**Фактор неопределённости** в последствиях событий или процессов вызывает обострение воспринимаемого риска. Чем меньшим объёмом имеющихся научных данных характеризуется событие или процесс, тем интенсивнее восприятие обусловленного им риска. Примером могут служить проекты создания хранилищ высокоактивных отходов в геологических формациях, где содержится целый ряд неопределённостей, связанных прежде всего с необходимостью обеспечить экологическую безопасность в течение исключительно большого срока – порядка 10 тысяч лет.

**Фактор контролируемости** действий или событий на восприятие риска проявляется в виде осознаваемой индивидуумом возможности влиять на то действие (событие), в которое он вовлечён. Если человек находится в ситуации, развитие которой происходит независимо от его личного контроля, он склонен к большему беспокойству за последствия этого развития, его восприятие риска интенсифицировано. Исследования, в частности, показывают, что человек за рулём автомобиля воспринимает риск попасть в аварию в меньшей степени, чем его пассажир.

**Фактор личной вовлечённости** прямо пропорционален степени подверженности риску отдельного (данного) индивидуума.

**Фактор добровольности** подвергнуться риску весьма существенно действует на его восприятие. Люди гораздо меньше задумываются о риске, если идут на него по собственной воле. Увлечение альпинизмом или солнечным загаром сопряжено с немалыми опасностями, однако в этих случаях проблем с восприятием риска нет, поскольку действует поговорка «охота пуще неволи». Напротив, [экологические риски](#), обусловленные, например, загрязнением питьевой воды или воздуха воспринимаются болезненно, так как они отнюдь не являются добровольными.

**Фактор воздействия на детей** приводит к усиленному восприятию риска, вызванного такими событиями или процессами, последствия которых сказываются в первую очередь на детях. Примером может служить опасность попадания пестицидов или иных токсикантов в продукты, предназначенные для детского питания. Люди склонны также проявлять тревогу не только за будущее детей, но и за судьбу отдалённых поколений. Этим обусловлено повышенное восприятие риска генетических дефектов, индуцируемых ионизирующим излучением.

**Фактор внимания средств массовой информации** имеет особое значение в связи быстрым развитием телевидения, средств коммуникации и компьютерных сетей. Если средства массовой информации, совсем не уделяют внимания каким либо опасным событиям или информируют о них в незначительной мере, то восприятие риска этих событий как бы заторможено. Но стоит сведениям о таких событиях появиться в заголовках новостей, как соответствующие риски переходят на значительно более высокий уровень восприятия.

Влияние **фактора предшествующей истории** несчастных случаев заключается в том, что риск деятельности, в ходе развития которой не было ни крупных аварий (катастроф), ни даже сравнительно мелких несчастных случаев, воспринимается как малосущественный. Наоборот, если в истории производства или иной деятельности были как небольшие аварии, так и катастрофы, то риск воспринимается как весьма серьёзный. Так, новая отрасль технологии – геновая инженерия – имеет совсем короткую историю, в ней ещё нет никаких фатальных происшествий. Поэтому люди не относят её риск к разряду важных (хотя на самом деле это может быть неверным). История ядерной энергетики включает, как известно, несколько очень крупных аварий, следствием этого является обострённое восприятие её риска.

**Фактор справедливости** приводит к различному отношению к опасному событию или процессу в зависимости от того, как распределяется соответствующий риск между членами общества. Если риск распределен более или менее равномерно, то влияние этого фактора невелико, однако оно резко увеличивается при явно неравномерном распределении риска.

**Фактор выгоды** зависит от того, насколько очевидна польза, которую предполагается извлечь в результате воздействия риска. Если эта польза ясна, то влияние фактора выгоды мало, в противном же случае – велико.

**Фактор происхождения** отражает различие в восприятии риска, обусловленного антропогенными и не антропогенными опасностями. Чувствительность к риску, вызываемому опасными действиями (или бездействием) людей, выше чувствительности к риску, обусловленному явлениями природы или проявлением высших сил (Бога).

Диапазон социально приемлемого риска, связанного с загрязнением [окружающей среды](#), может быть оценён, если за точку отсчёта взять уровни риска незащищённого человека в естественной среде обитания  $3 \cdot 10^{-8}$  –  $1 \cdot 10^{-6}$ , см. табл. 1.2.

Здесь очевидно необходимо упомянуть и некоторые другие мотивы, вынуждающие человека повышать приемлемый уровень риска. Одним из таких мотивов является борьба человека за выживание. Ныне на Земле голодает около 1 миллиарда людей, и это число видимо возрастет в первые десятилетия будущего века. Голод же заставляет человека рисковать сильнее, чем рыночная конкуренция. Так что в плане выживания ситуация в мире будет по всей видимости только ухудшаться и индивидуальный риск при существующих тенденциях развития цивилизации будет возрастать.

## **1.8. Терроризм и военные конфликты как источники социального риска**

В последнее десятилетие появилась новая угроза для жизни людей – это терроризм. Террористические акты совершались и ранее, но, как правило, они носили политический характер и совершались в отношении отдельных государственных и политических деятелей.

В связи с этим в российской истории можно упомянуть убийство 1 марта 1881 года русского царя Александра II, убийство в 1911 году в Киеве министра внутренних дел Столыпина П. А., убийство царя Николая II и царской семьи в июле 1918 года. В истории Соединённых Штатов Америки можно упомянуть убийство американских президентов Джорджа Вашингтона, Джона Кеннеди и политических деятелей Мартина Лютера Кинга, Роберта Кеннеди и других.

В наши дни терроризм приобрёл новые формы. С помощью террористических актов, совершаемых против мирного населения, главарь преступных организаций пытаются решать политические задачи. Идеологи мусульманского экстремизма стремятся к утверждению фундаментального ислама в качестве всемирного учения, что, помимо прочего, предполагает уничтожение «неверных». Руководители террористов, вырабатывающие стратегию и тактику, ставят целью с помощью терактов парализовать волю противной стороны к сопротивлению. Террористы стремятся дестабилизировать внутреннее положение атакуемых стран, подорвать доверие людей к своим правительствам. Что движет исполнителями террористических актов? Скорее всего, религиозный фанатизм. Борьба с такими террористами-смертниками исключительно сложно: все придуманные человечеством системы безопасности построены на том, что люди не будут себя убивать. Эти – убивают себя. И никакой смертной казнь их не испугает.

Ни одна страна в мире в последние годы не становилась жертвой деятельности террористов так часто, как Российская Федерация. Для них Россия – слабое звено в цепи государств «неверных». Войну нам объявил международный террористический интернационал, а не местные чеченские боевики.

Силы террора объявили России настоящую войну: захват больницы в Будёновске, взрывы жилых домов в Москве и Волгодонске, подрывы электричек на Северном Кавказе и московского метро, «Норд-Ост, практически каждодневные теракты в Чечне, падающие самолеты, Беслан и ещё десятки террористических атак... Подрыв себя гексогеном в людных местах – это вовсе не традиционный национальный обычай чеченских женщин. Это обычай аль-Кайды, Хамаса и других экстремистских группировок.

Параллельно решается задача разжигания ненависти в отношении других народов, что по мысли стратегов террора, должно приводить к обострению конфликтов, например, между русскими и чеченцами, осетинами и ингушами и т.д.

14 – 19 июня 1995 года состоялся рейд чеченских террористов на г. Будёновск (Ставропольский край), сопровождавшийся массовым захватом заложников. В больнице и родильном доме боевики захватили 2 тысячи человек. В результате этой террористической акции погибло 130 мирных жителей, 18 сотрудников милиции, 18 военнослужащих и более 400 человек получили ранения. В результате переговоров с Виктором Черномырдиным группа Басаева под прикрытием добровольных заложников из числа депутатов Государственной Думы и журналистов покинула город и скрылась в горных районах Чечни.

В 1999 году в России против мирного населения чеченские экстремисты совершили 5 террористических актов:

- 31 августа произошел взрыв в центре Москвы в торговом комплексе на Манежной площади. Пострадал 41 человек, 24 было госпитализировано, 5 человек находились в тяжёлом состоянии.
- 4 сентября в дагестанском городе Буйнакс был взорван 5-ти этажный жилой дом, в котором жили семьи офицеров Министерства обороны. Погибли 64 человека, из них 21 ребёнок.
- 8 сентября в г. Москве произошёл взрыв на улице Гурьянова в доме № 19. Погибли 87 человек, пострадали более 170.
- 13 сентября в г. Москве произошел взрыв в доме № 6, корпус 3 по Каширскому шоссе. Погибли 121 человек.

- 16 сентября в г. Волгодонске Ростовской области около дома № 35 на улице Гагарина взорвалась начинённая взрывчаткой автомашина ГАЗ-53. Погибли 17 человек, 69 человек были госпитализированы.

23 октября 2002 года террористы захватили заложников в театральном центре на Дубровке на мюзикле в «Норд-Ост». В течение нескольких дней боевики удерживали в здании около 900 человек, свыше 100 из которых были иностранными гражданами. Тогда в результате теракта погибли 129 человек, в том числе 7 иностранных граждан.

В следующем, 2003 году в стране продолжали греметь взрывы - во время рок-фестиваля «Крылья» на поле Тушинского аэродрома, в Моздоке, в электричке в Ессентуках. В результате терактов, совершённых террористами на территории России в 2003 году, погибли около 200 человек и более 600 получили ранения.

6 февраля 2004 года был осуществлен взрыв в вагоне метро на перегоне между станциями «Автозаводская» и «Павелецкая». Число погибших – 39 человек. По разным оценкам, в целом вагоне могло погибнуть от 50 до 150 человек. Однако специалисты считают, что точное число жертв этого теракта не удастся установить никогда: от многих людей не осталось совсем ничего.

25 августа 2004 года две террористки-смертницы произвели взрывы в самолётах Ту-134 и Ту-154 российских авиакомпаний, следующих из московского аэропорта Домодедово в Сочи и Волгоград. При этом все находящиеся на борту авиалайнеров пассажиры и члены экипажей погибли – всего 89 человек. Впервые ответственность за теракты в России официально взяла на себя международная террористическая организация – Бригады Исламбули, – получившая своё название в честь убийцы египетского президента Анвара Садата.

В конце августа 2004 года возле станции «Рижская» московского метрополитена прогремел взрыв, в результате которого погибли 10 человек и 50 получили ранения.

1 сентября 2004 года в г. Беслан в Северной Осетии группа террористов захватила школу, в которой заложниками оказалось около 1 300 детей, учителей и родителей. При ликвидации банды погибли 331 человек, в том числе 172 ребёнка, 12 сотрудников спецназа и 2 сотрудника МЧС.

Ежегодно в России происходят до 15-ти терактов. Масштабы разные, но итог один – человеческие жертвы.

Подготовка и проведение террористических актов требует достаточно больших финансовых затрат. Ясно, что без финансовой помощи из-за рубежа чеченские сепаратисты не смогли бы вести длительную войну. Известно, что активно финансировали ичкерийских боевиков представители северокавказской диаспоры в США (штаты Нью-Джерси, Иллинойс и Мэриленд). Помощь поступала через благотворительные, религиозные и просветительские организации. В Соединённых Штатах было зарегистрировано более 50 происламских общественных некоммерческих организаций, которые осуществляли сбор добровольных пожертвований и денежных взносов для оказания финансовой и гуманитарной помощи чеченским экстремистам.

Финансовые средства поступали чеченским сепаратистам также и из других континентов. По имеющимся сведениям, только за несколько месяцев 2000 года организация «помощь Германии» предоставила ичкерийским лидерам 350 тысяч долларов, датский совет по беженцам выделил – 700 тысяч, «исламское освобождение» – свыше 1 миллиона 400 тысяч, «норвежский совет по вынужденным переселенцам» – более полумиллиона, «польская гуманитарная акция» – около 80 тысяч долларов. Германская организация «Help» в течение 2000 и начала 2001 годов «выделила» чеченским сепаратистам более 8 миллионов германских марок.

Самый крупномасштабный террористический акт был совершен 11 сентября 2001 года в Соединённых Штатах Америки. Террористами были захвачены 4 рейсовых самолета, два из которых протаранили здания международного торгового центра в Нью-Йорке, один был направлен на здание Пентагона в Вашингтоне и один упал на землю видимо в результате сопротивления пассажиров, не долетев до цели. Во всех этих террористических актах погибло более 6 500 человек.

На состоявшейся вскоре после теракта в Беслане сессии Парламентской Ассамблеи Совета Европы в докладе по терроризму было отмечено, что «угроза терроризма носит сейчас международный, а не локальный характер» и что «терроризм – это основной фактор, который создает угрозу, в том числе, демократическим принципам, правам и свободам человека».

Необходимо также упомянуть о риске, связанном с вооружёнными конфликтами и применением вооружённых сил.

К тяжелейшим экологическим и социально-экономическим последствиям привела агрессия НАТО против суверенной Союзной Республики Югославии. На начало агрессии в Югославии на территории 102,35 км<sup>2</sup> проживало около 11 млн. людей. Поводом для агрессии послужила резко обострившаяся межнациональная обстановка в Косово – южном крае Сербии, где радикально настроенная часть албанского населения в течение длительного времени предпринимала активные действия, направленные на отделение от Югославии. Запад в конфликте между сербами и албанцами всё время выступал на стороне албанских сепаратистов, обеспечивая их оружием и деньгами и введя экономические санкции против Югославии (М. Судо, 2000).

24 марта 1999 года 19 самых развитых в технологическом отношении стран НАТО начали агрессию против Югославии. В боевых действиях принимали участие 1 100 самолетов, 206 вертолетов, три авианосца, четыре подводные лодки, два крейсера, девять эсминцев, десять фрегатов и другие виды вооруженных сил. Авиация НАТО совершила 25 200 вылетов – до 800 самолётов вылетов в день. Массированные бомбардировки превратили практически всю территорию Югославии в зону экологического бедствия.

Глава альянса Дж. Робертсон в послании генеральному секретарю ООН К. Аннуну официально признал, что блок НАТО более 100 раз использовала в Югославии боеприпасы с начинкой из обеднённого урана. Всего было выпущено 31 тысяча таких боезарядов. Обеднённый уран-238 содержался в сердечниках авиаснарядов и крылатых ракет «Томагавк», которые массированно использовались в основном в Косово. Бронейные снаряды с сердечниками из «обеднённого» урана (до 75 г каждый) применялись для поражения бронетанковой техники и бетонных сооружений. По оценке российских военных, блок НАТО сбросил на территорию Югославии не менее 30 т урана-238.

При проникновении в металл или бетон урановый стержень сильно нагревается, что приводит к частичному испарению и образованию оксидов урана. При взрыве снарядов с урановым сердечником около 70 % всей массы урана-238 превращается в аэрозоль, который может распространяться на больших площадях: урановая пыль оседает в почве, на различных предметах, в том числе и военной технике, попадает в водозаборы.

Попадая в организм с заражённым воздухом, даже очень небольшое количество обеднённого урана может вызвать летальный исход.

Агрессия НАТО нанесла стране огромный социальный ущерб; бомбардировки вынудили миллион беженцев покинуть свои родные места. Экономические потери оцениваются в 100 млрд долл. США.

Не менее тяжёлыми потерями отмечена война 1997 года (операция «Буря в пустыне») против Ирака в Персидском заливе. В этой «операции» также имели место ракетные обстрелы городов и гибель мирного населения, разрушение объектов нефтяной промышленности – нефтепроводов, скважин, нефтехранилищ, перекачивающих станций и нефтезаводов, загрязнение окружающей среды продуктами сгорания, нефтью, первое применение боеприпасов, содержащих обеднённый уран.

Так, с отравлением обеднённым ураном связывают гибель более 400 британских военнослужащих – ветеранов войны в Ираке. Применение американцами боеприпасов с обеднённым ураном в Ираке во время операции «Буря в пустыне» привело к тому, что 20–25% американского и британского персонала, участвовавшего в этой операции, в настоящее время испытывают серьёзные нарушения здоровья.

## **1.9. Количественные оценки рисков**

В классическом смысле **риск** понимают как вероятность человеческих жертв или травм и повреждений человека и материальных потерь.

Подход к анализу риска построен на классическом принципе определения относительных частот событий при длительных испытаниях. Этот риск может быть определён на основе теоретических расчётов или на основе экспериментальных данных. При анализе риска, связанного с эксплуатацией технических систем в любом случае необходимы данные наблюдений или исследований работы существующих устройств и систем. При анализе риска для здоровья или жизни человека также нужны данные наблюдений.

Например, риск любого человека погибнуть в автомобильных катастрофах для населения любой страны может быть определён, в соответствии с формулой (1.1), как отношение числа люде

$R_{\text{сум}} = R_{\text{б}} + R_{\text{д}}$  . (1.7) й погибших за год в автомобильных катастрофах к численности населения данной страны:

$$R_{\text{ca}} = \frac{N_{\text{ca}}}{N} , \quad (1.4)$$

где  $R_{\text{ca}}$  – риск смерти в автомобильной катастрофе,  $N_{\text{ca}}$  – число людей, погибших в автомобильных катастрофах за год (потери),  $N$  – численность населения страны.

В США в автомобильных катастрофах по статистике погибает 50000 человек в год, население США составляет 200 млн человек, откуда:

$$R_{\text{ca}} = \frac{50000}{200000000} = 2,5 \times 10^{-4}$$

В примере с автомобильными авариями можно также оценить риск гибели на аварию  $R_{\text{ca}}$ .

Для этого должно быть известно общее число аварий  $N_{\text{a}}$ :

$$R_{\text{ca}} = \frac{N_{\text{ca}}}{N_{\text{a}}} . \quad (1.5)$$

При общем числе аварий в США 50 миллионов в год риск смерти на одну аварию составит  $10^{-3}$ .

Зная риск смерти на одну аварию в соответствии с (1.5) можно оценить потери человеческих жизней в авариях:

$$N_{\text{ca}} = R_{\text{ca}} \times N_{\text{a}} . \quad (1.6)$$

Не всегда в качестве критерия выбирают количество смертей. В охране труда, например, часто оценивают безопасность того или иного вида работ количеством потерянных рабочих дней, или количеством лиц, получивших профессиональные заболевания. В качестве критерия опасности того или иного химического продукта может быть выбран риск заболевания раком.

При вычислении риска используются такие понятия, как: базовый [риск](#), дополнительный риск и общий или суммарный риск.

Базовый риск  $R_{\text{б}}$  это риск, который существует для людей без относительно какого-либо источника риска (например, естественный риск смерти).

Дополнительный риск  $R_{\text{д}}$  это риск, обусловленный каким-то определённым источником риска (например, риск смерти в автомобильной катастрофе, риск смерти за счет загрязнения окружающей среды в большом городе и т. п.).

Суммарный риск  $R_{\text{сум}}$  это риск равный сумме базового и [дополнительного рисков](#)

$$R_{\text{сум}} = R_{\text{б}} + R_{\text{д}} . \quad (1.7)$$

Величина риска имеет стохастическую природу и определяется целым рядом случайных явлений. Оценивая величину техногенного риска  $R_{\text{т}}$ , необходимо учитывать те случайные явления, которые влияют на его величину. Такими случайными явлениями при оценке техногенного риска в общем случае являются:

- вероятность  $R_{\text{та}}$  возникновения [техногенной аварии](#);

- степень негативного воздействия на человека и на окружающую среду медленно протекающих процессов и вероятность  $R_k$  возникновения кризисной или катастрофической экологической обстановки;
- климатические и метеорологические условия, которые также могут быть выражены вероятностью  $R_{\text{му}}$  определённых метеоусловий на рассматриваемый момент времени;
- вероятность  $R_n$  попадания населения (или профессиональных работников) в зону воздействия вредных факторов.

Учитывая, что все рассматриваемые явления являются статистически независимыми, величину техногенного риска можно определить в соответствии с теоремой умножения независимых событий, как

$$R_{\text{тг}} = R_{\text{тгз}} \times R_{\text{к}} \times R_{\text{му}} \times R_{\text{н}} . \quad (1.8)$$

Так оценивая величину техногенного риска  $R_{\text{т}}$ , создаваемого, например, аварией на химическом предприятии для сотрудников и населения, необходимо учесть:

- вероятность  $R_{\text{та}}$  возникновения техногенной аварии, которая приведёт к выбросу опасных веществ и загрязнению только атмосферного воздуха (возможно также загрязнение вод и почв);
- вероятность  $R_{\text{му}}$  определённых метеорологических условий на момент аварии: температура, направление и скорость ветра, дождь или снег и другие метеорологические факторы;
- вероятность  $R_n$  того, что в зону распространения зараженного воздуха попадет определённое количество людей из числа сотрудников и населения.

Учитывая, что все перечисленные факторы являются статистически независимыми событиями, величина техногенного риска в данном случае будет определяться как произведение трёх составляющих

$$R_{\text{тг}} = R_{\text{тгз}} \times R_{\text{та}} \times R_{\text{н}} . \quad (1.9)$$

Если опасные события являются зависимыми или появление опасного события обусловлено другими явлениями, тогда при вычислении риска необходимо использовать формулы для вычисления условных вероятностей.

В приведённых уравнениях (1.4 – 1.9) определялась только величина риска. В последующих главах будут рассмотрены методы расчёта всех величин, определяющих уровень риска для различных случаев.

## **Вопросы к 1й теме: Безопасность и риск**

1. Дайте определение понятий риск, безопасность.
2. Дайте определение опасности и опасных факторов и поясните разницу между ними.
3. Сформулируйте определение источника техногенной опасности.
4. В чём состоит различие между анализом и оценкой риска?
5. Что такое риск, потенциальный риск и риск реальный?
6. Дайте определения фонового, регионального и контрольного уровней состояния окружающей среды и здоровья населения и поясните разницу между ними.
7. Сформулируйте принципы и аксиомы медицины труда и промышленной экологии.
8. Перечислите виды рисков.
9. Приведите классификацию рисков.
10. Дайте определение индивидуального риска и приведите примеры риска и его величин, обусловленного различными причинами.



11. Дайте определение профессионального риска и приведите примеры риска и его величин для разных профессий и видов деятельности.
12. Каковы уровни индивидуального риска и от чего они зависят?
13. Назовите источники риска и приведите примеры уровней риска для различных источников.
14. Приведите данные о причинах раковых заболеваний.
15. Как определяют профессиональный риск и какие пределы он имеет для различных профессий?
16. Сформулируйте концепцию приемлемости риска.
17. Какие факторы влияют на оценку и восприятие риска?
18. Для чего используют и каковы критерии Эшби?
19. Охарактеризуйте степень объективности восприятия риска различными категориями населения.
20. Охарактеризуйте влияние информированности населения на восприятие риска.
21. Каково Ваше отношение к оценке риска средствами массовой информации?
22. Охарактеризуйте экономические факторы приемлемости риска.
23. Охарактеризуйте социальные факторы приемлемости риска.
24. Опишите психологические факторы приемлемости риска.
25. Как можно классифицировать условия профессиональной деятельности с точки зрения приемлемости риска?
26. Охарактеризуйте тенденции изменения уровня риска в ближайшие десятилетия.
27. Оцените риск, обусловленный террористическими актами.
28. Охарактеризуйте последствия вооружённых конфликтов (на примере Ирака, Югославии, Чечни, Афганистана и др.).
29. Что такое базовый и дополнительный риски и как определяют суммарный риск.
30. Какие явления определяют техногенный риск и как его определяют?
31. В каких случаях риски складываются и в каких умножаются?
32. Как оценивают риск с учётом причиняемого ущерба?

## **практическое занятие № 1**

### ***Тема: Анализ путей миграции загрязнителей от источника к человеку***

В теоретической части курса было сказано, что исследование путей миграции включает изучение источника загрязнения, химического механизма растворения, механизма перемещения, механизма переноса, механизма превращения, точки воздействия, т.е. места которого достигают загрязнители, реципиента или населения подверженного воздействию и путей воздействия. В табл. 5.3 были перечислены механизмы поступления вредных веществ в окружающую среду а в табл 5.4 некоторые механизмы переноса и преобразований.

Для того, чтобы учесть все возможные факторы, определяющие какое количество вредных веществ попадет тем или иным путём в организм человека рекомендуется составлять карты путей миграции.

Задача 1.1. Составить реальную карту миграции токсикантов от источника загрязнения к человеку.

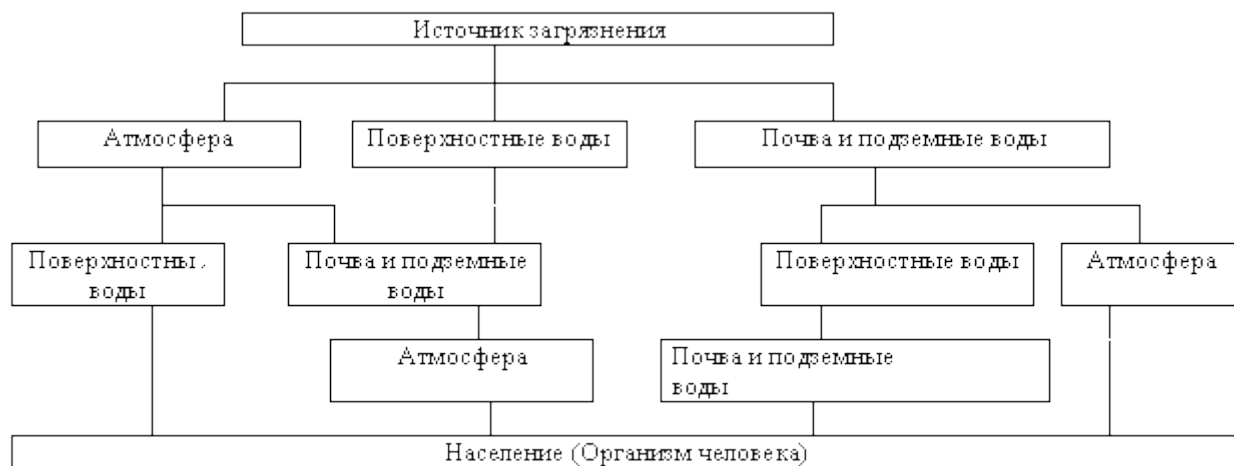


Рис. 1.1. Уточнённая схема путей миграции токсикантов от источника загрязнения к человеку

Задача 1.2. Составить карту миграции вредных веществ от источника к человеку по воздушному пути.

Задача 1.3. Составить карту миграции вредных веществ от источника к человеку через поверхностные воды.

Задача 1.3. Составить карту миграции вредных веществ от источника к человеку через поверхностные воды.

Задача 1.4. Составить карту миграции вредных веществ от источника к человеку через подземные воды.

## Термины к главе 1

**Авария** (accident; damage) – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на производственном объекте, неконтролируемые взрывы и (или) выброс опасных веществ.

**Анализ "затраты-выгода"** – метод оценки общих затрат и выгоды в денежных единицах на уровне общества или данного проекта. Он сравнивает затраты на предупреждение с выгодами (т. е. снижение коррективных затрат плюс дополнительная выгода) (ЕС, 1998).

**Анализ риска** (risk analysis) – процесс получения информации, необходимой для предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трёх компонентов: оценка риска, управление риском, информирование о риске (Руководство..., 2004).

**Антропогенный** (anthropogenic) – обусловленные влиянием человека.

**Антропогенный объект** – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Антропогенные факторы** – факторы, обусловленные влиянием деятельности человека на окружающую среду и приводящие к изменению состава и режима атмосферы, рек, морей, океанов, а также почв, нарушению состава и структуры экосистем.

**Антропогенный фоновый уровень** (anthropogenic background levels) – концентрация вредных веществ в окружающей среде, обусловленная деятельностью человека.

**Безопасность** – высокая вероятность отсутствия вредного эффекта при определённом режиме и условиях воздействия анализируемого химического вещества. На практике соответствует либо отсутствию риска, либо его приемлемым уровням.

**Безопасные условия для человека** – состояние среды обитания, при котором отсутствует опасность вредного воздействия её факторов на человека (52-ФЗ, 1999).

**Безопасные условия труда** – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено, либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов (181-ФЗ, 1999).

**Благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Благоприятные условия жизнедеятельности человека** – состояние среды обитания, при котором отсутствует вредное воздействие её факторов на человека (безвредные условия) и имеются возможности для восстановления нарушенных функций организма человека (52-ФЗ, 1999).

**Болезни, связанные с работой** – болезни, по крайней мере, частично вызванные условиями работы (ЕС, 1998).

**Болезнь** – нарушенная в своем течении жизнедеятельность в результате повреждения структуры и функций организма под влиянием внешних и внутренних факторов при реактивной мобилизации его компенсаторно-приспособительных механизмов. **Б.** сопровождается физиологическими и морфологическими изменениями и характеризуется общим или частным снижением адаптированности к среде и ограничением свободы жизнедеятельности больного.

**Вещество вредное:** 1 – химическое соединение, которое при контакте с организмом человека может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья; 2 – химическое вещество, вызывающее нарушения в росте, развитии или состоянии здоровья организмов, а также могущее повлиять на эти показатели со временем, в том числе в цепи поколений.

**Вред окружающей среде** – негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов (7-ФЗ, 2002).

**Вредное воздействие на человека** – воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека либо угрозу для жизни и здоровья будущих поколений (ст. 1 Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ).

**Вредное влияние** (Adverse effect) – Биохимическое изменение, функциональное поражение или патологическое поражение, которое отрицательно действует на организм или уменьшает его способности реагировать на дополнительные осложнения в окружающей среде и справляться с ними.

**Вредный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (№ 181-ФЗ, 1999).

**Вредный эффект для здоровья** – изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, популяции или потомства, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный стресс, или в повышении чувствительности к воздействиям других факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Выгода** – выгоду от деятельности или политики можно оценить по разности между общими коррективными затратами в ситуации до и после мероприятий плюс денежная стоимость других улучшений, которые могут быть связаны с данным проектом или политикой (ЕС, 1998).

**Выгода от проведения мероприятий, направленных на устранение или снижение риска здоровью** – соотношение между затратами на осуществление санитарно-эпидемиологических, технологических и других мероприятий, медико-социальной и (или) экономической оценкой их эффективности (Руководство..., 2004).

**Дополнительный риск** (Added risk) – дополнительный риск для той части населения, которая не включается в измерение фонового числа заболеваний.

**Единичный риск** – верхняя доверительная граница дополнительного пожизненного риска, обусловленного воздействием химического вещества в концентрации 1 мкг/м<sup>3</sup> (ингаляция загрязненного воздуха) или 1 мкг/л (поступление с питьевой водой). Представляет собой риск на одну единицу концентрации

**Здоровье** – состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов (Преамбула Устава ВОЗ). Здоровье – динамический процесс, в большой степени, зависящий от индивидуальной способности адаптироваться к среде; быть здоровым означает сохранять интеллектуальную и социальную активность, несмотря на нарушения или недостатки (ЕРБ ВОЗ, 1978).

**Здоровье индивидуальное** – здоровье каждого отдельно взятого человека.

**Индивидуальный риск** (Individual risk) – оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума, например, риск развития рака у одного индивидуума из 1 000 лиц, подвергавшихся воздействию (риск 1 на 1 000 или  $1 \cdot 10^{-3}$ ). При оценке риска, как правило, оценивается число дополнительных по отношению к фону случаев нарушений состояния здоровья, т. к. большинство заболеваний, связанных с воздействием среды обитания, встречаются в популяции и при отсутствии анализируемого воздействия (например, рак) (Руководство..., 2004).

**Качество окружающей среды** – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью (7-ФЗ, 2002).

**Медицина труда.** МОТ и ВОЗ имеют общее определение медицины труда, которое было принято Объединенным комитетом МОТ/ВОЗ по медицине труда на его 1-й сессии (1950 г.) и пересмотрено на 12-й сессии (1995 г.). Медицина труда имеет целью: укрепление и сохранение наивысшей степени физического, душевного и социального благополучия рабочих во всех профессиях: предупреждение у рабочих отклонений от здоровья, вызванных их рабочими условиями; защиту рабочих в их занятости от рисков, обусловленных факторами, неблагоприятными для здоровья; размещение и сохранение рабочих в производственной среде, приспособленной к их физиологическим и психологическим способностям, и в итоге – адаптацию работы к рабочим и каждого рабочего к его или её труду. В медицине труда главными являются три разные цели: а) сохранение и укрепление здоровья и работоспособности рабочих; б) улучшение рабочей среды и работы, с тем, чтобы они благоприятствовали безопасности и здоровью, и в) создание организации работ и культуры производства в направлении поддержки здоровья и безопасности на работе, создавая при этом положительный социальный климат и слаженную работу, которые могут улучшить производительность предприятия. Концепция культуры производства в этом контексте отражает систему основных ценностей, принятую на данном предприятии. Такая культура выражается в практике системы управления, кадровой политике, принципах участия, методах обучения и управления качеством на данном предприятии (МОТ, 1998). Медицины труда обеспечение относится к заботе о здоровье рабочих. Оно включает профилактику, укрепление здоровья, лечение, оказание первой помощи, реабилитацию и компенсацию при необходимости, а также меры для скорого восстановления и возвращения к работе (МОТ, 1998).

**Негативное воздействие на окружающую среду** – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях** – принятие и соблюдение правовых норм, выполнение эколого-защитных, отраслевых или ведомственных требований и правил, а также Проведение комплекса организационных, экономических, эколого-защитных, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических и специальных мероприятий, направленных на обеспечение защиты населения, объектов народного хозяйства и иного назначения, окружающей природной среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

**Обобщённый риск** (Aggregated risk) – сумма отдельных возросших рисков отрицательного влияния на здоровье среди населения, подвергшегося воздействию.

**Окружающая среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов. Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Опасность** – присущее свойство или способность чего-либо (например, рабочих материалов, оборудования, методов и приёмов работы) с потенциалом причинения вреда (ЕС, 1996).

**Опасность** (hazard) – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: опасное вещество, опасный агент, опасный источник энергии или опасная ситуация, обладающие этим свойством

**Опасность** – совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определённых условиях воздействия (Руководство..., 2004).

**Опасность в чрезвычайной ситуации** – состояние, при котором создалась или вероятно угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника чрезвычайной ситуации на население, объекты народного хозяйства и окружающую природную среду в зоне чрезвычайной ситуации.

**Опасный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме (181-ФЗ, 1999).

**Отнесённый риск** (Attributable risk) – разница между риском проявления определённого влияния в присутствии токсического вещества и риском в его отсутствии.

**Охрана окружающей среды** – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию её последствий (далее также – природоохранная деятельность) (7-ФЗ, 2002).

**Охрана труда** – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (181-ФЗ, 1999).

**Оценка риска** (risk assessment) – процесс, имеющий целью рассчитать или оценить риск для данной системы в результате воздействия данного вещества с учётом характеристик, присущих как веществу, так и самой системе. Процесс включает четыре этапа: выявление опасности, оценку взаимосвязи доза – эффект, оценку экспозиции, вычисление риска.

**Оценка риска для здоровья** – процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Оценка сравнительной значимости рисков** – этап характеристики риска, предусматривающий определение сравнительной значимости выявленных опасностей и рассчитанных рисков для здоровья экспонируемой популяции. Включает также ранжирование опасных факторов, источников загрязнения окружающей среды, воздействующих сред, путей поступления химических веществ в организм, а также поражаемых органов/систем (Руководство..., 2004).

**Профессиональные болезни** – болезни рабочих, о которых известно (или презюмируется), что они обусловлены неблагоприятными условиями работы. Их официально признают власти или схемы страхования, в отличие от болезней, связанных с работой (ЕС, 1998).

**Профессиональное заболевание** – заболевание, развившееся в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью (МОТ, 1996).

**Профессиональное заболевание** – хроническое или острое заболевание, являющееся результатом воздействия вредного производственного фактора и повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности (125-ФЗ, 1998).

**Популяционный риск** – агрегированная мера ожидаемой частоты вредных эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей (например, четыре случая заболевания раком в год в экспонируемой популяции) (Руководство..., 2004).

**Предельно допустимый риск** – верхняя граница приемлемого риска, превышение которой требует применения дополнительных мер по его снижению (Руководство..., 2004).

**Приемлемый риск** – уровень риска развития неблагоприятного эффекта, который не требует принятия дополнительных мер по его снижению, и оцениваемый как независимый, незначительный по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности и жизни населения (Руководство..., 2004).

**Профессиональный риск** – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (125-ФЗ, 1998).

**Распространение информации о риске (коммуникация о риске)** – элемент анализа риска, предусматривающий взаимный обмен информацией между специалистами по оценке риска, лицами, принимающими управленческие решения, средствами массовой информации, заинтересованными группами и широкой общественностью (Руководство..., 2004).

**Риск (risk)** – вероятность неблагоприятного влияния данного агента в данных обстоятельствах на организм, популяцию или экосистему.

**Риск** – вероятность того, что потенциал вреда будет достигнут при определённых условиях использования и/или экспозиции, а также возможный размер этого вреда (ЕС, 1996).

Риск представляет собой вероятность возникновения вредных эффектов для здоровья или жизни человека, группы людей или населения при наличии какой-либо опасности. Количественно риск выражается величинами от нуля до единицы. При риске равном нулю существует уверенность в том, что вред не будет нанесён, то есть вероятность вреда равна нулю, при риске равном единице вред будет нанесён, вне всякого сомнения.

**Риск** – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда (ст. 2 Федерального закона Российской Федерации "О техническом регулировании" № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.).

**Риск для здоровья** – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Риск нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения** – вероятность негативных изменений состояния здоровья населения или состояния здоровья будущих поколений, а также нарушений благоприятных условий жизнедеятельности человека (включая ухудшение условий и качества жизни, возникновение дискомфортных состояний и др.), обусловленная воздействием факторов среды обитания. Данное понятие имеет комплексный характер и включает в себя не только собственно риск здоровью, но и другие виды рисков (например, снижения качества жизни; развития дискомфортных состояний, непосредственно не связанных с изменениями практического здоровья человека и т. д.) (Руководство..., 2004).

**Риск потенциальный** – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Выражается в процентах или долях единицы. Расчёт потенциального риска наиболее успешно может быть использован для медико-экологической оценки качества окружающей среды, в т. ч. и для перспективных целей. Принято выделять три типа потенциального риска:

- риск немедленных эффектов, проявляющихся непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях – острые отравления);
- риск длительного (хронического) воздействия, проявляющийся при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т. д.;
- риск специфического действия, проявляющийся в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических и других подобных эффектов.

**Риск реальный** – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанного с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, смерти и др. Обычно определяется при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях:

**Сравнительная оценка риска** – процесс сравнительной характеристики выраженности и значимости различных по своей природе и происхождению неблагоприятных эффектов (влияние на здоровье, условия и качество жизни, качество окружающей среды, сельскохозяйственное производство и т. д.), осуществляемый с целью установления приоритетов среди широкого круга проблем, связанных с окружающей средой. Обычно проводится на основе экспертных заключений и (или) сравнительного экономического анализа ущербов (Руководство..., 2004).

**Управление риском** (risk management) – процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков (Руководство..., 2004).

**Уровень безопасности** – максимальный уровень в конкретном случае, основанный на степени риска, который рассматривается как приемлемый.

**Фактор** – движущая сила процессов или условие, влияющее на них, существенное обстоятельство в каком-либо процессе, явлении.

**Фактор антропогенный** – фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности человека.

**Факторы среды обитания** – биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные и иные), химические, физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения), социальные (питание, водоснабжение, условия быта, труда и отдыха) и иные факторы, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений (52-ФЗ, 1999).

**Характеристика риска** – завершающий этап оценки риска, на котором синтезируются данные, полученные на предшествующих этапах исследований, проводится расчёт и ранжирование рисков, источников их образования, воздействующих сред и путей поступления химических веществ в организм, а также анализ всех неопределённостей для обоснования выводов и рекомендаций, необходимых для управления риском (Руководство..., 2004).

**Экологический риск** – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной или иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера (ст. 1 Федерального закона "Об охране окружающей среды" № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.).



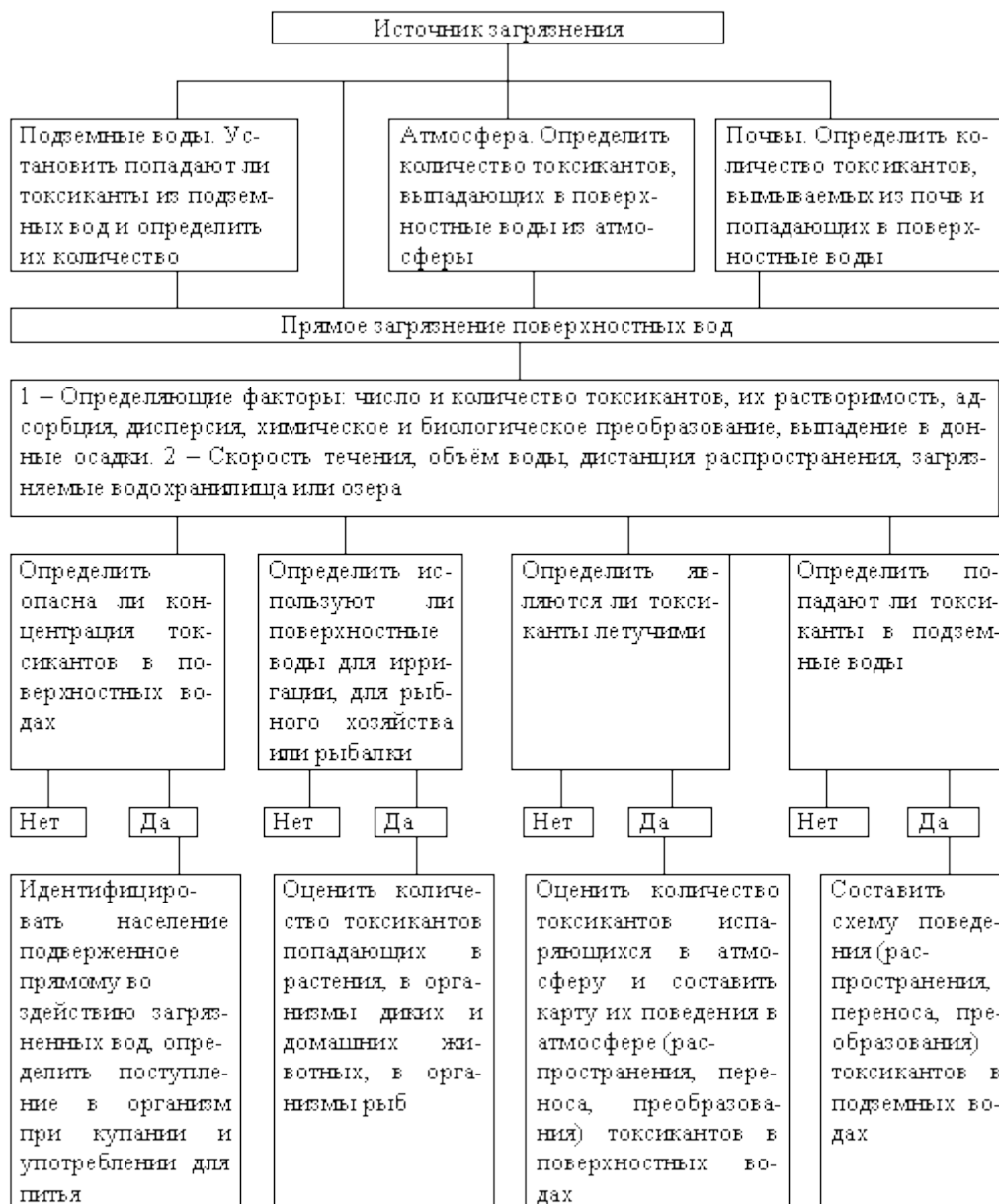


Рис. 1.4. Схема миграции токсикантов через поверхностные воды

Задача 1.5. Составить карту миграции вредных веществ от источника загрязнения к человеку через почву.

## Литература

1. Башкиров А.А., Писаренко С.С., Лукина Е.В., Родионова О.М. Словарь-справочник экологических терминов, определений, понятий. – Калуга, Издательство КГПУ им. К.Э Циолковского, 2005. – 145 с.
2. Ваганов П. А. Ядерный риск: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. – 112 с.
3. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: Учеб. пособие. Изд-е 2-е. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 152 с.
4. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – СПб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.
5. Киселев А.В. Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга. – СПб.: Медицинская академия последипломного образования, 2001. – 36 с.
6. Ковалев Е.Е. Радиационный риск на земле и в космосе. – М., Атомиздат, 1976. – 256 с.
7. Миронюк С.Г. Опыт создания системной классификации экологического риска // Экологический риск: анализ, оценка, прогноз. Материалы всероссийской конференции. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 1998. – С. 7.
8. Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Федеральный закон № 125-ФЗ, 1998.
9. Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 17.12.97. № 1300 //РГ от 26.12.97.
10. Ожегов С.И. Словарь русского языка. – М.: 1989.
11. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
12. Профессиональный риск. Справочник / Под. ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. – М.: Социздат, 2001. – 267 с.
13. Реймерс Н.Ф. Концептуальная экология. Надежды на выживание человечества. – М.: Россия молодая, 1992.
14. Российский статистический ежегодник: Статистический сборник. – М.: Госкомстат России, 2000. – 642 с.
15. Савельев П.С. Пожары – катастрофы. – М., 2003. – 426 с.
16. Хуторской М.Д., Зволинский В.П., Рассказов А.А. Мониторинг и прогнозирование геофизических процессов и природных катастроф. – М., Изд-во РУДН, 1999. – 222 с.
17. Экологический словарь / Авторы составители: С. Делятицкий, И. Зайонц, Л. Чертков, В. Экзарьян. – Москва, Конкорд ЛТД – Экопром, 1993. – 202 с.
18. Tyler Miller G. Ecologia y medio ambiente. – Mexico, 1994.
19. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Руководство Р 2.1.10.1920 – 04). – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

## Тема 2. Здоровье населения

Люди представляют главную ценность любой нации. Именно люди являются движущей силой, обеспечивающей развитие общества, и в то же самое время они потребители благ, получаемых в процессе развития. Главной целью развития считается обеспечение равных прав и свобод человека. Достижения в развитии, а именно в человеческом развитии, публикуются в Отчёте о человеческом развитии (Human Development Report) с 1990 года, издаваемом Организацией объединённых наций.

Для оценки достижений человеческого развития используется около 300 различных показателей. При составлении отчёта используют данные более 20 международных организаций и большого числа государственных организаций. Наиболее важными показателями, представляющими интерес для настоящего курса, являются показатели [качества жизни](#) человека.

### 2.1. Критерии оценки здоровья населения

При анализе и оценке риска для здоровья населения, вызванного загрязнением [окружающей среды](#), необходимо использовать показатели, которые, с одной стороны, позволяли бы оценить состояние здоровья количественно, а с другой, подтвердить, что изменения в состоянии здоровья достоверно связаны с воздействием определённого вредного фактора.

[Здоровье](#) населения может быть оценено на индивидуальном и популяционном уровне.

Для оценки [индивидуального здоровья](#) используют показатели, учитывающие уровень и степень гармоничности физического и психического развития, реактивность и сопротивляемость к болезням, оценку возрастных изменений, наличие хронических заболеваний, показатели нетрудоспособности, обусловленной заболеваниями или травмами и др.

Для оценки состояния здоровья на популяционном уровне или для отдельных групп населения используют показатели, в основу которых положены данные о заболеваемости и смертности, о группах здоровья, о времени сохранения здоровья в течение определённого возрастного периода. По этим показателям рассчитывают среднюю продолжительность предстоящей жизни.

#### 2.1.1. Демографические показатели здоровья

К демографическим показателям относятся: [рождаемость](#), [смертность](#), [детская смертность](#), продолжительность предстоящей жизни (Киселев А.В., 2001).

**Показатели рождаемости** выражаются демографическими коэффициентами и рассчитываются по отношению к числу жителей, проживающих на изучаемой территории. Основными являются общий и специальный показатели рождаемости. Общий показатель даёт только приближённое представление о процессе воспроизводства населения, поскольку исчисляется по отношению к численности всего населения, тогда как рождают только женщины, и не в любом возрасте. Плодовитым возрастом принято считать возраст 15 – 49 лет. В связи с этим более объективно рождаемость может быть представлена специальным показателем, рассчитываемым именно на этот возраст.

**Смертность** характеризуют числом умерших на одну тысячу людей. Статистика смертности косвенно отражает состояние здоровья живущего населения, характеризуя риск смерти, который зависит от многих факторов. Размеры смертности определяют путём вычисления коэффициентов смертности. Коэффициенты смертности можно разделить на две группы: общие и специфические. При их расчёте очень важно быть уверенным, что число смертей, используемое для вычисления этого коэффициента, имеет место именно в той популяции, для которой проводится расчёт. Такая группа населения квалифицируется как популяция, подвергающаяся риску. Популяция риска, представляет собой среднюю численность населения на данной территории в период, для которого рассчитывают коэффициенты смертности.

**Детской смертностью** называют смертность детей на первом году жизни. При анализе повозрастной смертности, детская смертность выделяется для специального анализа вследствие её особого значения, как критерия социального благополучия населения и как показателя эффективности оздоровительных мероприятий. Детская смертность составляет значительную долю общей смертности и требует тщательного анализа её причин. Размеры смертности на первом году жизни превышают показатели смертности в последующих возрастах, кроме возраста глубокой старости, и значительно снижают показатель средней продолжительности жизни.

Смертность детей на первом месяце жизни называется неонатальной. Она разделяется на раннюю неонатальную (на первой неделе жизни) и позднюю неонатальную. Смертность детей в возрасте от месяца до года называется постнеонатальной.

Перинатальная смертность – это сумма мертворожденных детей и умерших в первые 7 дней жизни (168 часов). В составе перинатальной смертности различают антенатальную, интранатальную и постнатальную смертность (смертность до начала родов, в период родов и после рождения соответственно).

**Продолжительность предстоящей жизни** определяется путем составления таблиц дожития. Таблицы дожития являются особым способом выражения коэффициента смертности в определённой группе населения для данного периода времени. Их основными элементами, являются показатели вероятности смерти, рассчитанные отдельно к отдельным годам жизни или возрастным группам.

**Средняя продолжительность предстоящей жизни** является средней продолжительностью жизни, которую осталось прожить людям данного возраста.

Средняя продолжительность жизни – это число лет, которое в среднем предстоит прожить данному поколению родившихся или сверстникам определенного возраста, если предположить, что на всем протяжении их жизни смертность в каждой возрастной группе будет такой, какой она была в том году, для которого производилось исчисление.

Такой порядок определения средней продолжительности жизни принят в международной статистической практике и при страховании жизни. Поэтому для разных стран показатели средней продолжительности жизни являются сопоставимыми.

В настоящее время международные организации и разные организации экономически развитых стран используют для целей управления здравоохранением и сравнительных оценок интегральный уровень (H) здоровья населения (Большаков А.М. и др., 1999).

Интегральный уровень (H) здоровья населения представляет собой величину средней ожидаемой продолжительности активной жизни человека. В английской литературе этот показатель называют Quality-Adjusted Life Years (QALYs), что дословно обозначает «годы жизни с учетом качества» или Discounted Healthy Life Year (DHLY) – «дисконтированный год здоровой жизни».

Показатель H представляет собой сумму (интеграл) прожитых лет жизни среднестатистического индивида, который вычисляют по формуле 2.1.

$$H = \int_0^T h(\tau) d\tau, \quad (2.1)$$

где T – средняя ожидаемая продолжительность жизни; t – возраст; h(t) – зависимость среднестатистического уровня текущего индивидуального здоровья (уровня жизненной активности) от возраста.

Так, например, десятилетняя национальная «Программа укрепления здоровья, профилактики заболеваний и национальных целей до 2000 г.» США в качестве одной из главных целей программы ставит достижение «средней ожидаемой продолжительности жизни» – 78 лет и «средней ожидаемой продолжительности здоровой (активной) жизни» (H) – 65 лет. Из сравнения этих цифр следует, что различного рода недомогания и болезни отнимают в настоящее время у граждан США примерно 17 % от общей продолжительности жизни и, следовательно, показатель  $h(t) = 0,83$ .

При [оценке воздействия экологических факторов](#) на продолжительность жизни учитывают отставание продолжительности жизни мужчин и женщин от средних показателей на контрольных территориях по категориям: при рождении, в возрасте 15 лет, в возрасте 35 лет и в возрасте 65 лет.

### 2.1.2. Показатели заболеваемости

Заболеваемость включает инфекционную и неинфекционную. Неинфекционная заболеваемость включает болезни различных органов и систем. К заболеваемости относится также репродуктивная функция популяции и инвалидность.

**Заболеваемость** – заболевание с впервые установленным диагнозом (в текущем или анализируемом году) в расчете на 1 000, 10 000 или 100 000 населения.

**Распространённость** – все случаи заболеваний населения независимо от времени регистрации, так называемая «общая заболеваемость» по статистическим отчётным формам, рассчитанная также на 1 000, 10 000 или 100 000 населения.

**Экологически обусловленные болезни** – болезни и патологические состояния, развившиеся среди населения конкретной территории под воздействием на людей вредных факторов среды обитания в виде «неспецифической» и «специфической» патологии.

**Индикаторные экологически обусловленные болезни** – заболевания соматического и другого характера среди населения конкретной территории, частота которых за определенный период времени достоверно выше предшествующего за 5 – 10 лет наблюдений, а причина роста их предположительно может быть отнесена к действию известных местных (региональных) вредных факторов среды обитания.

**Специфическое экологически обусловленное заболевание** – наблюдаемое среди населения конкретной территории заболевание, связанное с воздействием вредного [фактора среды обитания](#) (химического вещества, физического фактора) и проявляющееся характерными для действия этого причинного фактора симптомами и синдромами.

Заболеваемость населения одна из важнейших характеристик общественного здоровья. Для её оценки используются коэффициенты, рассчитанные как отношение числа заболеваний к численности групп населения, в которых они выявлены за определённый период времени и пересчитанные на стандарт (100, 1 000, 10 000, 100 000 человек). Эти коэффициенты отражают вероятность (риск) появления того или иного заболевания в изучаемой группе населения (Киселев А.В., 2001). Основные показатели заболеваемости представлены в табл. 2.1.

Говоря о заболеваемости, имеют в виду, обычно, только новые случаи заболеваний ([первичная заболеваемость](#)). Если необходимо составить представление, как о новых случаях заболеваний, так и об уже имевшихся ранее, то рассчитывается показатель болезненности.

Следовательно, заболеваемость является динамичным, а болезненность – статичным показателем. Заболеваемость может заметно отличаться от болезненности при хронических заболеваниях, однако при непродолжительных заболеваниях это различие незначительно.

При выявлении причинных связей наиболее подходящими считают коэффициенты заболеваемости. **Этиологические** факторы проявляются, прежде всего, через развитие заболевания, поэтому, чем чувствительнее и динамичнее показатели, тем они полезнее при исследовании причинных связей.

Таблица 2.1  
Показатели заболеваемости

Содержание показателя	Основной термин (синонимы)	Способ вычисления	Термин, рекомендованный ВОЗ
-----------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------------

Впервые в жизни диагностированные заболевания в течение определённого периода (год)	Первичная заболеваемость (заболеваемость, частота вновь выявленных заболеваний)	(Число впервые выявленных болезней* 1 000) / (Средняя численность населения)	Incidence
Все заболевания населения, имевшие место за определённый период (год) (острые, хронические, новые и известные ранее)	<u>Распространённость</u> (болезненность, общая заболеваемость, частота всех <u>болезней</u> )	(Число всех болезней* 1 000) (Средняя численность населения)	Prevalence
Заболевания, которые зарегистрированы населения определённую дату (момент)	Патологическая поражённость (частота заболеваний, выявленных при осмотре – контингент больных на определённую дату)	Способ вычисления тот же, применительно к соответствующей группе населения	Point prevalence

Для установления влияния среды обитания на здоровье коэффициенты заболеваемости должны рассчитываться применительно к конкретным группам населения, чтобы затем можно было определить наличие или отсутствие причинно-следственных связей между воздействием конкретных [факторов среды обитания](#) на соответствующую группу населения.

Следует отметить, что полнота и достоверность данных о заболеваемости существенно зависят от метода изучения заболеваемости. При изучении заболеваемости обособленно изучают [инвалидность](#).

**Инвалидность** – это стойкая (длительная) потеря или значительное ограничение трудоспособности ([инвалид](#)). Инвалидность наряду с заболеваемостью относят к медицинским показателям здоровья населения. Чаще всего причиной инвалидности является заболевание, которое, несмотря на лечение, приобретает устойчивый характер, а функция того или иного органа не восстанавливается.

Анализ состояния здоровья населения является одной из основных задач санитарно-эпидемиологической службы.

В последние десятилетия во всех экономически развитых странах происходит изменение картины заболеваемости, которое заключается в изменении соотношения между [инфекционными](#) и неинфекционными заболеваниями в пользу последних. Поэтому еще в 1981 году Министерство здравоохранения СССР совместно с Госкомгидромет СССР приказом от 11.08 1981 № 653/156 обязало санэпидстанции ряда городов Советского Союза приступить к сбору и анализу данных об изменениях в состоянии здоровья населения, связанных с загрязнением окружающей среды. Эта работа осуществлялась в соответствии с утвержденными МЗ СССР, ЦСУ СССР и Госкомгидрометом СССР «Временными методическими указаниями по вопросам сбора, обработки и порядка представления данных об изменениях здоровья населения, связанных с загрязнением окружающей среды».

В 1985 году были введены методические рекомендации «Изучение показателей здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды» (Здоровье населения..., 1999). В таблице 2.2 приведён временный перечень показателей [социально-гигиенического мониторинга](#) (Здоровье населения..., 2001), действующий в настоящее время. Данный перечень введен в действие 27 августа 1999 приказом № 334 Министра здравоохранения РФ «Об организации работ по II этапу социально-гигиенического мониторинга».

Показатели, включённые во временный перечень, не могут дать полную картину состояния здоровья населения в связи с тем или иным загрязнением окружающей среды в изучаемом регионе, городе или другом населённом пункте.

Заболеваемость населения выявляется (Антоненко Т.Н. и др., 1997):

- по всей совокупности болезней и по отдельным группам и классам;
- по отдельным территориям и по отдельным объектам;
- по терапевтическим участкам;
- применительно к отдельным группам населения (взрослые, дети, подростки, мужчины, женщины и др.);
- с учётом длительности проживания в данном регионе.

Для получения достоверных данных о состоянии здоровья численность каждой из наблюдаемых групп должна охватывать не менее 25 тысяч человек, что примерно соответствует количеству населения, обслуживаемого одним лечебно-профилактическим учреждением.

Временный перечень показателей II этапа ведения социально-гигиенического мониторинга

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Источник информации графы №3	Количество населения (тыс.)	Источник информации графы № 5
1	2	3	4	5	6
1	Здоровье населения		Органы управления здравоохранением РФ		Органы государственной статистики
Форма предоставления информации с местного уровня на уровень субъекта РФ					
1.1	Физическое развитие				
1.2	Доля детей с массой тела менее 2500 гот общего числа родившихся	%	Ф. № 32 (3/2300)	Количество родившихся детей	Федеральная программа Госкомстата России
1.3	Заболеваемость злокачественными новообразованиями – всего	На 100 000 населения	Ф. № 35 (3/2100) графа 10	Общее население территории	Федеральная программа Госкомстата России
1.3.1	В т.ч. детей (0—14 лет)	На 100 000 детей в возрасте до 14 лет	Ф. № 35 (3/2100) графа 10	Количество детей (0—14 лет)	
№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Источник информации графы №3	Количество населения (тыс.)	Источник информации графы № 5
1.4	Заболеваемость врожденными аномалиями (по-	На 100 000 детей в возрасте до 14 лет	Ф. № 12 (3/1000) графа 4, строка 15,0	Количество детей (0—14 лет)	Федеральная программа Госкомстата России
1.5	Болезни органов дыхания				
1.5.1	Бронхит хронический и неутонченный, эмфизема	На 100 000 населения	Ф. № 12 (3/1000), (3/2000), (3/3000), строка 9.5	Общее население территории	Федеральная программа Госкомстата России
1.5.2	Бронхиальная астма	На 100 000 населения	Ф. № 12 (3/1000), (3/2000), (3/3000), строка 9.6	Общее население территории	Федеральная программа Госкомстата России
1.6	Смертность				
1.6.1	Общая смертность населения	на 100 000 населения	С-52	Общее население территории	Федеральная программа Госкомстата России
1.6.2	Младенческая смертность	на 1000, родившихся живыми	А-12	Количество родившихся детей	

Чтобы выявить тенденции изменения показателей в связи с загрязнением окружающей среды, время, на протяжении которого анализируют состояние здоровья населения и динамику его изменения должно быть достаточно продолжительным, например, «Критерии оценки экологической обстановки территорий...» (Критерии..., 1992), устанавливают 10-летний период наблюдения и анализа.

### 2.1.3. Расчёт показателей заболеваемости

#### 2.1.3.1. Расчёт показателей заболеваемости взрослого населения

Показатели заболеваемости, включённые в таблицу 2.2 и относящиеся к группе основных, рассчитывают на основании первичных данных. Также рассчитывают некоторые другие дополнительные показатели. Иногда для выявления причин заболеваемости в исследуемом регионе и подтверждения связи между заболеваниями и неблагоприятием экологической обстановки могут быть проведены дополнительные



исследования, при которых изучают специфические заболевания, этиологически связанные с характером загрязнения территории: генетические нарушения, а именно увеличение частоты генетических нарушений в клетках человека (хромосомные aberrации, разрывы ДНК и др.); содержание в биосубстратах человека (кровь, моча, волосы, зубы, слюна, плацента, женское молоко и др.) токсичных химических веществ, превышающее допустимые биологические уровни; изменение иммунного статуса: увеличение числа людей с выраженными сдвигами в иммунограмме по морфологическим и гуморальным показателям.

Показатели могут быть рассчитаны как в отношении числа лиц (учитывается число лиц, например, впервые обратившихся в лечебное учреждение, пострадавших, умерших и т.п.), так и в отношении числа случаев (учитывается число случаев обращения в лечебное учреждение) (Антоненко Т.Н. и др., 1997; Здоровье населения ..., 1999).

1. *Первичная заболеваемость* (см. табл. 2.1), т.е. частота вновь выявленных заболеваний, представляет собой впервые в жизни диагностированные заболевания в течение определённого периода, например, в течение одного года. Первичная заболеваемость  $I_{fr}$  определяется как отношение числа впервые зарегистрированных больных  $N_{fr}$  или числа впервые выявленных болезней к средней численности населения  $N$  на 1000 человек (ф.2.1):

$$I_{fr} = \frac{N_{fr}}{N} \times 1000. \quad (2.1)$$

2. По этой же формуле рассчитывается [распространённость](#)  $P_m$  других видов заболеваний  $N_m$  таких как: болезненность, общая заболеваемость, частота всех болезней. При этом учитывают все заболевания (острые, хронические, новые и зарегистрированные ранее) населения за определённый период, например, за год (ф.2.2):

$$P_m = \frac{N_m}{N} \times 1000. \quad (2.2)$$

**Общая заболеваемость** – совокупность всех имеющихся среди населения заболеваний, впервые выявленных в данном году и зарегистрированных в предыдущие годы, по поводу которых больные вновь обратились в данном году, на 1000 человек населения.

**Общая накопленная заболеваемость** – число заболеваний, зарегистрированных в течение последнего года, дополненное случаями хронических заболеваний, зарегистрированных в предыдущие 2 года и по поводу которых не было обращения в данном году на 1 000 человек населения.

Точно так же рассчитывается [патологическая поражённость](#) или частота заболеваний, выявленных при осмотре. Сюда относят те заболевания, которые зарегистрированы у населения на определённую дату (контингент больных на определённую дату).

3. При расчёте показателя  $P_i$  заболеваемости определённой  $i$ -той нозологической формы в числителе учитываются только лица  $N_i$  больные данным заболеванием (ф.2.3):

$$P_i = \frac{N_i}{N} \times 1000. \quad (2.3)$$

4. *Заболеваемость  $P_c$  злокачественными новообразованиями  $N_c$*  (см. табл. 2.2) рассчитывается на 100 000 населения относительно общего населения территории, в том числе детей в возрасте 0 – 14 лет (п. 1.3.1 табл. 2.2) на 100 000 детей относительно количества детей указанного возраста рассчитывается по формуле (2.4):

$$P_c = \frac{N_c}{N_y} \times 100000. \quad (2.4)$$

По этой же формуле рассчитывается распространённость злокачественных новообразований (среди мужчин, женщин), однако при этом в числителе учитывается число больных раковыми заболеваниями (мужчин, женщин), а в знаменателе соответственно численность мужского, женского населения.

По этой же формуле рассчитываются показатели заболевания органов дыхания (см. п. 1.5 табл. 2.2) такие как: бронхит и эмфизема (п. 1.5.1), бронхиальная астма (п. 1.5.2).

5. Структура  $S_i$  распространённости заболеваний определяет долю (процент) больных конкретной нозологической формой в общем числе зарегистрированных больных. Она определяется как отношение числа  $N_i$  зарегистрированных больных  $i$ -той нозологической формой к числу зарегистрированных больных  $N_r$  (ф.2.5):

$$S_i = \frac{N_i}{N_r} \times 100\% . \quad (2.5)$$

### 2.1.3.2. Расчёт показателей заболеваемости детского населения

Анализ заболеваемости детского населения осуществляется по материалам диспансерного учёта хронических больных в возрасте 0 – 14 лет. Также как и для взрослого населения, показатели для детей могут рассчитываться в лицах при учёте данных о числе  $N_{mch}$  зарегистрированных больных детей и в случаях при учёте данных о числе зарегистрированных случаев заболевания среди детей.

1. **Распространённость**  $P_{mch}$  заболеваний среди детей (в лицах) рассчитывают на 1 000 детей как отношение числа  $N_{mch}$  зарегистрированных больных детей к численности  $N_{ch}$  детского населения по формуле (2.6):

$$P_{mch} = \frac{N_{mch}}{N_{ch}} \times 1000 . \quad (2.6)$$

2. Распространённость  $I_{frch}$  заболеваний среди детей с диагнозом  $N_{ch}$  установленным впервые (ф. 2.7):

$$I_{frch} = \frac{N_{frch}}{N_{ch}} \times 1000 . \quad (2.7)$$

3. В число показателей II этапа ведения социально-гигиенического мониторинга (табл. 2.2) включена заболеваемость  $P_{ach}$  (п. 1.4) **врождёнными аномалиями** (пороками, отклонениями)  $N_{ach}$  развития детей (до 14 лет включительно), которая рассчитывается на 100000 детей в возрасте до 14 лет (ф.2.8):

$$P_{ach} = \frac{N_{ach}}{N_{ch}} \times 100000 . \quad (2.8)$$

4. **Структура**  $S_{ich}$  распространённости детских заболеваний определяет долю больных конкретной нозологической формой в общем числе зарегистрированных больных детей. Она определяется как отношение числа  $N_{ich}$  зарегистрированных больных детей  $i$ -той нозологической формой к числу  $N_{rch}$  зарегистрированных больных детей (ф. 2.9):

$$S_{ich} = \frac{N_{ich}}{N_{rch}} \times 100\% . \quad (2.9)$$

### 2.1.3.3. Расчёт показателей осложнений беременности, родов и послеродового периода

К медико-гигиеническим показателям, характеризующим [репродуктивную](#) функцию женщин, относят увеличение частоты врождённых пороков развития новорожденного и спонтанных выкидышей, распространённость токсемиков второй половины беременности, распространённость заболеваний, не зависящих от беременности и родов (экстрагенитальные) и др.

1. [Распространённость](#)  $P_t$  токсемиков второй половины беременности определяется как отношение числа  $N_t$  женщин с поздним токсемикозом беременности к числу  $N_w$  женщин, завершивших беременность во второй половине, на 1 000 женщин (ф. 2.10):

$$P_t = \frac{N_t}{N_w} \times 1000. \quad (2.10)$$

2. Распространённость  $P_g$  заболеваний, не зависящих от беременности и родов (экстрагенитальные), определяется как отношение числа  $N_g$  женщин с заболеваниями, независимыми от беременности и родов, к числу  $N_w$  женщин, завершивших беременность во второй половине (ф. 2.11):

$$P_g = \frac{N_g}{N_w} \times 1000. \quad (2.11)$$

3. Распространённость  $P_{db}$  осложнений родов и послеродового периода по разным причинам определяется как отношение числа  $N_{db}$  родов, осложнённых по  $i$ -той причине, к общему числу принятых родов  $N_b$  (ф.2.12):

$$P_{db} = \frac{N_{db}}{N_b} \times 1000. \quad (2.12)$$

4. Структура  $S_{idb}$  распространённости осложнений родов и послеродового периода по  $i$ -той причине определяется как отношение числа  $N_{idb}$  родов, осложнённых по  $i$ -той причине, к общему числу осложнённых родов  $N_{db}$  (ф.2.13):

$$S_{idb} = \frac{N_{idb}}{N_{db}} \times 100\%. \quad (2.13)$$

### 2.1.3.4. Расчёт показателей перинатальной патологии

Одним из наиболее важных показателей степени опасности проживания на экологически неблагоприятных территориях является состояние репродуктивной функции женщин и связанной с ней перинатальной патологии. Перинатальная патология включает три основные группы аномалий: малый вес новорождённых, недоношенность и врождённые пороки развития.

1. Одним из наиболее важных показателей перинатальной патологии является количество маловесных детей, к которым относят новорождённых с массой тела менее 2 500 г (п. 1.2 табл. 2.2). На практике используют либо распространённость рождения маловесных новорожденных, либо долю от общего числа родившихся в процентах  
Распространённость  $P_{lw}$  рождения маловесных детей определяют как отношение числа  $N_{lw}$ , родившихся маловесных детей, к числу новорождённых  $N_{nb}$  (ф. 2.14):

$$F_{\Delta w} = \frac{N_{\Delta w}}{N_{nb}} \times 1000. \quad (2.14)$$

Доля  $D_{\Delta w}$  новорождённых с массой тела менее 2500 г (см. п. 1.2 табл. 2.2) определяется по формуле (2.15):

$$D_{\Delta w} = \frac{N_{\Delta w}}{N_{nb}} \times 100\%. \quad (2.15)$$

2. **Распространённость**  $P_d$  заболеваний у новорождённых определяют как отношение числа  $N_d$  детей, родившихся больными и заболевшими, к числу новорождённых  $N_{nb}$  (ф. 2.16):

$$P_d = \frac{N_d}{N_{nb}} \times 1000. \quad (2.16)$$

3. **Распространённость**  $P_{id}$  заболеваний у новорождённых по отдельным нозологическим формам определяют как отношение числа  $N_{id}$  детей, родившихся больными по  $i$ -той нозологической форме, к числу  $N_{nb}$  новорождённых (ф.2.17):

$$P_{id} = \frac{N_{id}}{N_{nb}} \times 1000. \quad (2.17)$$

4. Структуру  $S_{inb}$  распределения новорождённых больных по отдельным нозологическим формам определяют как отношение числа  $N_{id}$  детей, родившихся больными и заболевшими  $i$ -той нозологической формой к числу  $N_d$  детей, родившихся больными и заболевшими (ф. 2.18):

$$S_{inb} = \frac{N_{id}}{N_d} \times 100\%. \quad (2.18)$$

В качестве дополнительных показателей изучают: осложнение течения и исходов беременности (суммарное число случаев на 1 000 беременных); осложнение родов (суммарное число случаев на 1 000 беременных); неудовлетворительное состояние доношенных новорождённых; изменение массы тела, роста, окружности головы у новорождённых; изменение соотношения полов – отклонение от аналогичных показателей на контрольных территориях.

### 2.1.3.5. Расчёт показателей физического развития

По физическому развитию изучают информацию, характеризующую здоровье детей, подростков и взрослых.

Под физическим развитием человека понимают комплекс функционально-морфологических свойств организма, который в итоге определяет запас его физических сил.

На физическое развитие влияют многие факторы эндогенного и экзогенного характера, что определяет частое использование оценок физического развития в качестве интегральных показателей для характеристики состояния здоровья. Показатели физического развития, как правило, относят к позитивным признакам здоровья. Однако, лица, имеющие заболевания, т.е. носители негативных признаков, также располагают определённым уровнем физического развития. Поэтому целесообразно квалифицировать физическое развитие не как самостоятельный позитивный показатель здоровья, а как критерий, пребывающий во взаимосвязи с другими показателями, характеризующими качественную сторону жизни населения.

Особенно большое значение показатели физического развития имеют для оценки здоровья тех групп населения, **заболеваемость** и инвалидизация которых сравнительно незначительны: дети старше 1 года, рабочие определённых профессий со строгим профессиональным отбором. Роль физического развития в области профилактики определяется также тем, что его состояние в значительной степени управляемо –

средствами регулирования питания, режима труда и отдыха, двигательного режима, отказа от вредных привычек и т.д.

Физическое развитие детей оценивают по изменению доли детей с отклонениями физического развития при их оценке по региональному стандарту 7 – 10 летней давности. Психическое развитие детей оценивают по доле детей с отклонениями психического развития.

Для характеристики здоровья населения могут иметь значение и другие показатели «качества» жизни или здоровья здоровых: умственное развитие, умственная и физическая работоспособность и др.

1. **Распространённость**  $P_{fd}$  функциональных изменений в состоянии здоровья детей определяют как отношение числа  $N_{fd}$  детей с функциональными изменениями к числу  $N_{ch}$  обследованных детей (ф. 2.19):

$$P_{fd} = \frac{N_{fd}}{N_{ch}} \times 1000. \quad (2.19)$$

2. Структура  $S_{fd}$  (доля в %) распространённости отдельных видов функциональных изменений у детей рассчитывается как отношение числа  $N_{fdi}$  детей с  $i$ -тым видом функциональных изменений к числу  $N_{fd}$  детей с функциональными изменениями (ф. 2.20):

$$S_{fdi} = \frac{N_{fdi}}{N_{fd}} \times *100 \% . \quad (2.20)$$

3. Структура  $S_{ig}$  (доля в %) распределения детей по группам здоровья определяется как отношение числа  $N_{ig}$  детей, относящихся к  $i$ -той группе здоровья, к числу  $N_{ch}$  обследованных детей (ф. 2.21):

$$S_{ig} = \frac{N_{ig}}{N_{ch}} \times 100\% . \quad (2.21)$$

#### **2.1.4. Расчёт показателей смертности**

Показатели смертности являются одними из основных показателей, характеризующих состояние здоровья населения и его [репродуктивную](#) способность. К ним относятся: общая смертность населения на 100 000 общего населения территории (п. 1.6.1 табл. 2.2), младенческая смертность (в возрасте до 1 года) на 1 000 детей родившихся живыми (п. 1.6.2 табл. 2.2), детская смертность в возрасте 1 – 4 года, перинатальная смертность.

1. Годовой показатель  $P_d$  смертности (общую смертность) определяют как отношение числа  $N_d$  случаев смерти за год к средней численности  $N$  общего населения территории на 100 000 (ф. 2.22):

$$P_d = \frac{N_d}{N} \times 100000. \quad (2.22)$$

2. Распространённость  $P_{dch}$  мертворождений определяют как отношение числа  $N_{dch}$  мертворождённых к числу  $N_{nb}$  живых новорождённых (ф. 2.23):

$$P_{dch} = \frac{N_{dch}}{N_{nb}} \times 1000. \quad (2.23)$$

3. Распространённость  $P_{dp}$  перинатальной смертности определяют как число  $N_{dch}$  мертворождённых плюс число  $N_{d6}$  новорождённых, но умерших в течение первых 0 – 6 суток к числу  $N_b$  родившихся живыми и мёртвыми (ф. 2.24):

$$P_{dp} = \frac{N_{dck} + N_{d6}}{N_b} \times 1000. \quad (2.24)$$

4. Годовой показатель  $P_{ch}$  детской (младенческой) смертности определяют как показатель числа  $N_{1ch}$  детей, умерших в возрасте до 1 года в данном календарном году к числу  $N_7$  детей, включающему 2/3 родившихся в данном году плюс 1/3 родившихся в предыдущем году (ф. 2.25):

$$P_{ck} = \frac{N_{1ck}}{N_7} \times 1000. \quad (2.25)$$

5. Структура  $S_d$  причин смерти (удельный вес в % отдельных причин смерти) рассчитывается как отношение числа  $N_{id}$  случаев смерти от данного  $i$ -того заболевания к общему числу  $N_d$  случаев смерти по всем причинам (ф. 2.26):

$$S_d = \frac{N_{id}}{N_d} * 100\%. \quad (2.26)$$

По такой же формуле определяют структуру распределения детской смертности по отдельным причинам.

### **2.1.5. Источники информации о состоянии здоровья населения Российской Федерации**

При расчёте медицинских показателей могут быть использованы данные государственной медицинской статистики, специальных информационных систем, регистров по отдельным заболеваниям, а также результаты популяционных или когортных исследований. При подготовке материалов по медико-демографическим показателям обязательно представление полного первичного материала.

Уровень заболеваемости в исследуемом регионе может быть сопоставлен с аналогичными показателями по стране в целом, республике, области и другим административным единицам. Для проведения сравнительного анализа полученных статистических показателей с аналогичными данными по другим регионам материалы необходимо систематизировать в соответствии с Международной классификацией болезней, травм и причин смерти 9-го пересмотра.

Основным источником информации для такого рода исследований служит (Антоненко Т.Н. и др., 1997):

- «Отчёт лечебно-профилактического учреждения» – форма № 1 и отчёты-вкладыши к этой форме;
- «Отчёт о больных злокачественными новообразованиями»;
- форма № 61 «ж» (годовая);
- журналы учёта лиц, состоящих под диспансерным наблюдением в поликлиниках, медицинских санитарных частях предприятий.

Из основного отчёта (форма № 1) используются сведения о диспансерном наблюдении за больными, представленные в таблице 6 раздела I в виде итоговых данных за год по классам заболеваний в целом и с детализацией по некоторым нозологическим формам болезней. В разделе «Взрослые и подростки», с указанием числа больных с данным заболеванием (распространённость), состоящих под наблюдением на конец отчётного года.

Анализ выполняется на основании расчётных структурных коэффициентов (процентов), интенсивных (частотных) и стандартизированных показателей. Посредством последних достигается элиминирование возрастно-половой структуры на уровне заболеваемости.

Поскольку формы официальной статистической отчётности довольно часто меняются, то динамические ряды, достаточно большие невозможно составить, что в свою очередь создает трудность в прогнозировании изучаемых закономерностей. К тому же в форме № 1 ЛПУ отсутствует ряд качественных характеристик, необходимых для проведения полного анализа заболеваемости в изучаемом регионе. Для этого необходима дополнительная информация по данным диспансерного учёта о больных, страдающих хроническими заболеваниями, как минимум за 10 последних лет, характеризующая контингент больных по полу, возрасту, месту работы, профессии, месту жительства, принадлежности к терапевтическому участку, сроку проживания в данной местности и видам заболеваний.

Общие показатели [распространённости](#) заболеваний среди взрослых и подростков целесообразно дополнить разработкой показателей распространённости заболеваний среди подростков по данным отчёта-вкладыша № 1 «Отчёт о диспансеризации подростков, студентов» ВУЗов и учащихся средних специальных учебных заведений». Расчёт производится как по всей группе подростков, так и с разбивкой по полу (таблица 2 вкладыша).

Дополнительной информацией о результатах профилактических осмотров детей до 14 лет и выявленных среди них групп с изменениями функциональных показателей организма, снижающих социальную дееспособность (понижение остроты зрения и слуха, дефекты речи, сколиозы, нарушения осанки, а также положительно реагирующие на туберкулезную пробу), служат данные отчёта-вкладыша № 2 «Отчёт о медицинской помощи детям».

Анализ заболеваемости и развития детского населения изучаемого региона, выполненный только на основании данных официальной отчётности, будет неполным из-за отсутствия целого ряда качественных характеристик. Для углубления такого рода работы и прогнозирования выявленных тенденций необходимы данные лицевого учёта о хронических больных за 10-летний период. На основании этих данных могут быть выполнены разрезы анализа [заболеваемости](#) детского населения по полу, возрасту, сроку проживания в данной местности, месту жительства, месту работы родителей, принадлежности к определённому терапевтическому участку (микрорайону изучаемого региона).

Дополнительными характеристиками, в наибольшей степени отражающими уровень влияния окружающей среды на состояние здоровья населения, являются характеристики здоровья беременных и новорожденных. Для получения их количественной оценки необходим анализ следующих показателей: частота осложнений беременности, частота рождения маловесных детей и перинатальная смертность.

С целью изучения патологии беременности женщин проводится анализ данных официальной статистической отчётности (отчёт-вкладыш № 3 формы 1), а также материалов регистрации беременных в гинекологическом отделении поликлиники изучаемого региона за 10-летний период.

Для расчёта показателя частоты осложнений беременности используют данные о случаях токсикозов II половины беременности. Одной из основных оценок степени опасности проживания на отдельных экологически опасных территориях является состояние репродуктивной функции и перинатальной патологии. Для этого необходимо провести изучение материалов учёта новорожденных по данным роддомов за ряд лет (10-летний период). Структура и частота патологии новорожденных определяются на основании Международной классификации болезней. Структура перинатальной патологии включает 3-и основные группы: недоношенность, врождённые пороки развития, внутриутробная гипоксия и асфиксия новорожденных, малый вес новорожденных.

Для улучшения качества анализа перинатальной патологии помимо учётных данных роддомов используется информация отчёта-вкладыша № 3 таблица 3.2 и таблица 4 «Распределение родившихся и умерших по массе тела при рождении».

Одним из важнейших показателей здоровья населения является смертность. В изучаемом регионе рекомендуется проводить демографический анализ за длительный период времени (10, 15, 20 лет) на основании материалов смертности, что позволяет выявить динамику этих показателей, изучить и выявить основные причины смертности и определить различия по признакам пола, возраста.



Основными источниками информации о числе и причинах смерти являются акты регистрации смерти на основании «Врачебного свидетельства о смерти» (ф. №106/у), а для мертворождённых и новорожденных 0 – 6 дней – «Свидетельства о перинатальной смертности» (ф. № 106/у). Сводные официальные статистические данные о мертворождаемости и детской смертности можно также взять в ф. № 1 ЛПУ (п. 1.9).

Данные о численности населения, проживающего на изучаемой территории, находятся в органах государственной статистики, начиная с районного уровня, в отделах «Статистика населения».

## **2.2. Изучение заболеваемости населения в связи с загрязнением окружающей среды**

### **2.2.1. Особенности и основы изучения заболеваемости населения**

Здоровье населения формируется и поддерживается совокупностью условий и характеристик повседневной жизни. Условия, влияющие на формирование популяционного здоровья населения, подразделяют на следующие основные группы:

1. образ жизни и социально-экономические условия;
2. наследственно-генетические характеристики;
3. качество внешней среды;
4. качество медико-санитарного обслуживания.

В таблице 2.3 приведены данные о влиянии перечисленных факторов на здоровье населения (Лисицын Ю.П., Сахно А.В., 1989; Большаков А.М. и др., 1999). Как видно из данных, приведённых в таблице 2.3, состояние внешней среды влияет на здоровье населения примерно в 20 % случаев. Возникновение той или иной патологии связано с воздействием целого комплекса факторов. Поэтому задача оценки влияния состояния окружающей среды на здоровье населения, установление взаимосвязи между теми или иными вредными факторами и видами заболеваний, доказательство того, что именно данный фактор привёл к распространению определённого заболевания, является важнейшей и сложной проблемой. Для решения задач слежения за уровнем заболеваемости населения по нозологиям и установления его связи с состоянием окружающей среды, в настоящее время активно развиваются методы эколого-эпидемиологических исследований и базирующаяся на них система социально-гигиенического мониторинга (Здоровье населения, 2001).

Таблица 2.3  
Влияние условий жизни и факторов риска на здоровье населения

Условия	Примерный удельный вес % (Лисицын Ю.П., Сахно А.В., 1989)	Удельный вес % (Большаков А.М. и др., 1999)	Удельный вес по ВОЗ, %	Факторы риска
Образ жизни и социально-экономические условия	49 – 53	51.2	50	Курение; несбалансированное и неправильное питание; употребление алкоголя; вредные условия труда; стрессовые ситуации; гиподинамия; употребление наркотиков; плохие материально-бытовые условия; низкий образовательный и культурный уровень; непрочность семей; чрезмерная урбанизация



Наследственные-генетические характеристики	22	18 –	20.4	20	Предрасположенность к наследственным болезням; предрасположенность к дегенеративным болезням
<a href="#">Качество окружающей среды</a>	20	17 –	19.9	20	Загрязнение воздуха, воды и почвы, загрязнение продуктов питания, загрязнение жилища, вредные производственные условия, электромагнитные излучения, шум и другие физические воздействия, ионизирующие излучения
Качество медико-санитарного обслуживания	10	8 –	8.5	10	Низкое качество медицинской помощи и ее запаздывание, низкая эффективность санитарно-гигиенических мероприятий

Процедура оценки влияния состояния окружающей среды на здоровье населения базируется на постулатах, сформулированных английским биологом сэром А. Хиллом. Основными из них являются биологическое, географическое и временное правдоподобие, сила воздействия, специфичность (Ревич Б.А., 2001).

Для оценки влияния антропогенной нагрузки на состояние здоровья населения используют демографические показатели, показатели заболеваемости и показатели физического развития (Здоровье..., 1999; Киселев А.В., 2001), включающие следующий комплекс показателей:

- **демографические** – естественное движение населения, средняя продолжительность жизни, младенческая (до 1 года) и детская смертность;
- медико-генетические показатели: частота различных исходов беременности и родов, спонтанные аборт, рождение детей с низкой массой тела, частота мертворождённых, перинатальной смертности, частота и структура врожденных пороков развития, патологии новорождённых;
- показатели предболезни (донозологические показатели): частота функциональных расстройств и отклонений со стороны основных органов и систем, показатели клинико-иммунологического обследования, частота обнаружения ксенобиотиков в биосубстратах;
- показатели физического развития детей, доля детей с отклонениями в физическом развитии (оценка по стандартам);
- заболеваемость разных социальных и возрастных групп, специфические заболевания, этиологически связанные с характером загрязнения окружающей среды.

## 2.2.2. Методы изучения заболеваемости населения

Методы изучения [заболеваемости](#) населения в связи с воздействием окружающей среды в отечественной литературе известны как санитарно-эпидемиологические, социально-экологические или санитарно-экологические методы.

Практические работы по изучению заболеваемости могут выполняться в соответствии с методическими рекомендациями по комплексной гигиенической оценке степени напряжённости медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением [токсикантами](#) среды обитания населения (Здоровье..., 2001). Основными задачами этих исследований является:

1. оценка состояния здоровья населения,
2. оценка состояния окружающей среды и
3. установление взаимосвязей между ними:

1. Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья населения в динамике многолетних наблюдений с учётом зон опасности с целью:
  - определения (перечня) «индикаторных» для данной территории болезней;
  - выявления «времени риска» развития (проявления) патологических состояний;
  - установления (обоснования) «групп риска»;
  - выявления специфических и характерных показателей изменения состояния здоровья при углубленных индивидуальных клинических исследованиях.
2. Комплексная санитарно-гигиеническая оценка состояния объектов окружающей среды (ООС) изучаемой территории с целью:
  - выявления приоритетных техногенных и [природных факторов среды обитания](#), их источников;
  - определения удельного веса (вклада) объектов – источников биологически высокоактивных химических веществ в загрязнении ООС;
  - установления основных путей поступления токсических веществ, уровней их воздействия на организм;
  - выявления: информативных диагностических биосубстратов; патогенетических характеристик; подлежащих обоснованию приоритетных вредных факторов с учётом «откликов», полученных на модельных биологических объектах;
  - определения сопутствующих неблагоприятных социально-значимых факторов (качество питания и др.);
  - районирования территорий по зонам опасности с определением «территорий риска».
3. Установление причинно-следственных связей между приоритетными химически опасными [факторами среды обитания](#) и изменением состояния здоровья заселения.

Методика рекомендует проводить комплексную санитарно-экологическую оценку в два этапа:

1. рекогносцировочное продольное обследование, целью которого является предварительная комплексная санитарно-экологическая оценка в ретроспективе состояния среды обитания и изменений здоровья населения; и обоснование основных направлений исследований следующего этапа на основании анализа соответствующих материалов контроля за качеством ООС и состоянием здоровья населения региональных служб на глубину максимального времени наблюдения и литературных источников. Итогом рекогносцировочного обследования является предварительная комплексная санитарно-экологическая оценка причинно-следственной связи в системе "качество [среды обитания](#) – состояние здоровья населения";
2. натурные посылные исследования (с учётом выводов I этапа обследований) с целью окончательной комплексной эколого-гигиенической оценки качества среды обитания населения и состояния здоровья его отдельных групп в конкретный (последний) период времени.

Комплексный санитарно-экологический анализ результатов двух этапов должен дать углубленную научно-обоснованную оценку взаимосвязи между изменением состояния здоровья населения и конкретными вредными факторами среды обитания.

В соответствии с поставленными задачами проводится сбор и анализ медико-демографической, медико-статистической и клинико-гигиенической информации о динамике изменений во времени состояния здоровья населения (в популяции и отдельных группах) и санитарно-гигиеническая информация о состоянии среды обитания населения.

Методам эпидемиологических и эколого-эпидемиологических работ посвящено достаточно большое количество публикаций. Остановимся на наиболее важных методах и их особенностях, касающихся оценки риска. Эколого-эпидемиологические исследования подразделяются на описательные (экологические, географические), аналитические и экспериментальные. Исследования могут быть ретроспективными или проспективными. Наиболее важными являются продольный, поперечный, когортный методы, а также метод «случай – контроль» (Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др., 2002).

Экологические исследования проводятся на популяциях или больших группах людей, подвергающихся воздействию вредных факторов. Такие исследования могут проводиться, например, в большом городе с целью изучения связи между показателями смертности и загрязнением атмосферного воздуха. Экологические исследования могут выявить наличие связей между увеличением смертности и уровнем загрязнения воздушной среды. Однако такие исследования не позволяют учесть влияние других вредных факторов и, таким образом, не могут охарактеризовать причинно-следственные связи между заболеванием и воздействием факторов окружающей среды.

**Ретроспективные исследования** предусматривают изучение материалов за уже прошедший период времени. В ретроспективных исследованиях используют статистические учётные материалы. Ретроспективные исследования особенно полезны на первом этапе предварительной комплексной санитарно-экологической оценки состояния среды обитания и изменений здоровья населения. Однако ретроспективное исследование позволяет реализовать ограниченную программу исследований, поскольку позволяет учесть лишь те признаки, которые имеются в изучаемых материалах.

При ретроспективном исследовании проводится статистический анализ материалов медицинской статистики. Как мы видели, например, в табл. 2.2 содержится весьма ограниченный набор показателей здоровья населения. Это говорит о том, что существующая система учёта и отчётности лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) позволяет получить лишь приблизительные оценки заболеваемости. Надо учитывать также, что среди реально заболевших лиц далеко не все обращаются за медицинской помощью в ЛПУ по месту жительства, предпочитая ведомственные лечебные учреждения. Кроме того, жители обращаются в разные поликлиники, диспансеры, диагностические центры, детские больницы, женские консультации и другие лечебные учреждения. Таким образом, для оценки состояния здоровья населения определённой территории необходимо собирать данные разных ЛПУ, тщательно их проверять сопоставлять и обрабатывать. Практика показывает что, чем меньше обследуемая территория, тем труднее получить достоверную информацию о состоянии здоровья проживающего на ней населения.

**Проспективные исследования** проводятся путём непосредственного наблюдения в текущее время, т.е. в реальном масштабе времени. Проспективные исследования можно реализовать с любым необходимым набором признаков и показателей. Оно предоставляет возможность наблюдения за изменением выбранных показателей под воздействием разных **факторов** на любом интервале времени, позволяет сформировать требуемые группы населения.

**Поперечные исследования** отражают состояние исследуемых групп в определённый момент времени, поэтому их называют также одномоментными исследованиями. Поперечный метод является методом исследования здоровья населения на какой-то определённый момент времени. В рамках проспективного исследования одномоментно проводится углубленный медицинский осмотр всего населения или отдельных его групп, определяются клинические, физиологические, психологические и другие характеристики здоровья с целью выявления больных лиц и получения данных о контингентах больных. Использование данных о состоянии здоровья населения по результатам медицинских осмотров даёт возможность уточнить данные статистической отчётности. Выявить заболевания на начальных стадиях, провести уточнение данных по хроническим заболеваниям. Поперечные исследования могут помочь установить причинно-следственные отношения между нарушениями состояния здоровья и воздействием тех или иных факторов, однако они не позволяют оценить эти связи количественно. Они не позволяют оценить количественные характеристики риска заболеваний и зависимости «экспозиция-отклик».

При проведении ретроспективного исследования выкопировка данных обо всех случаях обращаемости по поводу заболеваний проводится не менее чем за последние 3 года (Здоровье..., 1999). Этот срок обусловлен тем, что определённая часть больных хроническими заболеваниями обращается к врачу не ежегодно. На основе 3-летней обращаемости можно получить достаточно полное представление о контингентах больных.

**Продольный метод** позволяет осуществить наблюдение за определённой группой населения в динамике. Этот метод позволяет проводить динамические наблюдения за каждым представителем выбранной группы и на основе этого получать данные по всей совокупности.

Данные о заболеваемости, собранные за ряд лет, сравнивают с изменениями состояния окружающей среды за тот же период времени.

**Метод «случай – контроль»** подразумевает, что в исследуемой популяции населения собирается информация обо всех случаях той или иной патологии на основе чего формируется опытная группа и в той же популяции отбирается контрольная группа, или группа сравнения, не имеющая данного заболевания. Таким образом, при популяционном исследовании по методу «случай-контроль» в одну группу включаются все лица с изучаемым заболеванием («случай»), а в другую группу – лица, у которых это заболевание отсутствует («контроль»). Затем в каждой из групп устанавливается число людей, подверженных и не подверженных воздействию оцениваемого фактора. Очевидно, что чем выше в опытной группе число лиц с изучаемым заболеванием, которые были подвержены действию вредного фактора, тем с большей уверенностью можно судить о причинной обусловленности данного заболевания. Возможно формирование нескольких контрольных групп из различных популяций, например, из других больных той же клиники и из лиц, проживающих рядом с пациентами, включенными в основную.

При помощи этого метода можно определить количественные значения риска от воздействия того или иного фактора окружающей среды на развитие патологии, в том числе значения относительного риска.

**Когортный метод** предполагает выделение опытной и контрольной групп (**когорт**). Главным отличием опытной и контрольной групп является воздействие одинакового вредного фактора на опытную группу и отсутствие воздействия на контрольную. Когортные исследования проводятся систематически, непрерывно или через короткие промежутки времени. Когортные исследования делятся на ретроспективные и проспективные. Когортные исследования позволяют выявить новые случаи заболевания на протяжении определённого периода времени и проследить за изменением состояния здоровья населения, подвергшегося воздействию вредных факторов.

Ретроспективные когортные исследования направлены на поиск причин развития заболеваний. Таким образом, при ретроспективном исследовании сравниваются между собой группы (когорты) с изучаемым заболеванием и группа лиц, у которых заболевание в момент исследования отсутствует. При этом в каждой исследуемой группе оценивают предшествующие экспозиции воздействия вредных факторов (Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др., 2002).

При проспективном когортном исследовании формируются группы лиц, подвергающихся и не подвергающихся действию изучаемого фактора. За этими группами устанавливается динамический медицинский контроль и анализируется число лиц, у которых возник исследуемый эффект в группе с экспозицией и в группе без экспозиции, а также число лиц в этих группах, у которых эффект не выявлен.

Если эпидемиологические наблюдения дают убедительные результаты, то они дают весомые основания для выводов об опасности, поскольку основаны на информации о состоянии здоровья населения при реальных условиях воздействия изучаемого фактора.

**Анкетно-опросный метод** (или метод интервью) является дополнительным методом получения данных о состоянии **здоровья** анкетированной группы, выявить жалобы населения на вредные факторы среды обитания. Этот метод часто даёт ценные сведения, которые не возможно получить ни из каких других источников информации.

Практика показывает, что у каждого из методов имеются свои преимущества и недостатки при решении различных задач исследования (Ревич Б.А., 2001) Так при изучении редко встречающихся болезней хорошие результаты могут быть получены при использовании описательных методов и методов «случай – контроль».

Когортный метод исследования даёт хорошие результаты при изучении редко встречающихся причин, проверке множественных эффектов воздействия, изучении множественных экспозиций и детерминант, количественной оценке временных связей, прямой количественной оценке заболеваемости и т.д. (см. табл. 2.4).

Авторы монографии (Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др., 2002) обращают внимание на сложность интерпретации результатов эпидемиологических исследований и возможность влияния неучтённых ошибок. По этому поводу в монографии приведены следующие аргументы:

«В ряде случаев интерпретация результатов эпидемиологических исследований может быть достаточно сложна, т. к.:

- идентификация подходящих контрольных групп часто затруднительна, т.к. факторы, приводящие к воздействию (например, производственные факторы или факторы местожительства) нередко связаны с другими факторами, влияющими на состояние здоровья (социально-экономический статус, образ жизни и др.);
- сложно контролировать взаимосвязанные факторы риска (например, табакокурение), которые способны оказывать сильный эффект на здоровье;

Таблица 2.4

Применение различных типов исследований,  
проводимых путём наблюдения  
(по Р. Биглхол, Р. Бонита, Т. Кьельстем)

Задачи	Типы исследований			
	Описательные	Поперечные	«Случай-контроль»	Когортные
Изучение редко встречающихся болезней	++++	-	+++++	-
Изучение редко встречающихся причин	++	-	-	+++++
Проверка множественных эффектов воздействия	+	++	-	+++++
Изучение множественных экспозиций и детерминант	++	++	++++	+++
Количественная оценка временных связей	++	-	+ <sup>а</sup>	+++++
Прямая количественная оценка заболеваемости	-	-	+ <sup>б</sup>	+++++
Исследования, касающиеся длительных латентных периодов	-	-	+++	-

а – в случае проспективных исследований; б – в случае популяционных исследований

- лишь ограниченные виды заболеваний систематически учитываются и регистрируются в человеческих популяциях, поэтому даже информация о причинах смерти имеет ограниченную надёжность;
- точные данные о степени воздействия потенциально опасных химических соединений редко доступны, особенно, если воздействие имело место в отдалённом прошлом. В этих ситуациях часто невозможно установить зависимости доза-ответ;
- для изучения заболеваний, имеющих длительный латентный период, таких как рак, необходимо, чтобы прошли многие годы для установления отсутствия эффекта. Воздействие подозреваемых агентов может, несомненно, продолжаться в течение этого протяжённого периода, что приведёт к дальнейшему возрастанию риска;
- статистическое установление мощности эпидемиологических исследований ограничено, если только не исследуются очень большие популяции.

По этим причинам эпидемиологические исследования иногда связаны с чрезвычайно выраженными неопределённостями. Обычно необходимо иметь независимые подтверждающие доказательства, такие как согласованность с результатами повторного эпидемиологического исследования или наличие подтверждающих данных, полученных в эксперименте на животных. Из-за ограниченности эпидемиологических исследований, негативные наблюдения должны интерпретироваться с осторожностью.

При проведении эпидемиологических исследований и анализе полученных результатов чрезвычайно важное значение имеет тщательный контроль всех возможных неучтённых влияний и ошибок, способных исказить результаты проведенных исследований и конечные выводы. Наиболее сильное влияние на результаты оказывают случайные и систематические ошибки, а также смешивающие факторы.

Случайные ошибки возникают вследствие вариабельности любой популяции, например, индивидуальных, половых, возрастных различий в чувствительности к действию факторов окружающей среды. Снижение величины случайной ошибки достигается путём увеличения численности обследуемых групп и уменьшения различий между группами (по всем факторам, кроме исследуемых).

Систематические ошибки могут быть двух видов: ошибки отбора (сравниваемые группы явно не идентичны по ряду характеристик) и ошибки наблюдений (например, более углублённое изучение состояния здоровья или экспозиций в какой-то одной группе по сравнению с другими группами).

Сильное влияние на достоверность результатов исследований могут оказывать так называемые смешивающие факторы (имитаторы), вызывающие такой же эффект, что и изучаемый фактор. Появление смешивания наиболее вероятно при изучении полиэтиологических заболеваний, ассоциирующихся с воздействием целого ряда факторов. Например, при изучении роли потребления кофе в формировании риска развития приступов стенокардии смешивающим фактором является табакокурение, так как приём кофе у многих лиц сопровождается курением.

Убедительность причинных связей между воздействием и эффектами на здоровье человека должна быть подтверждена отсутствием явных ошибок в планировании и проведении исследований, исключением из анализа смешивающих факторов (имитаторов), отсутствием фактора случайности. В настоящее время общепризнанными критериями наличия причинно-следственной связи являются:

- достоверность (выводы опираются на правильную постановку исследования, учитывают смешивающие факторы и обладают достаточной достоверностью); специфичность (приводит ли данная причина к специфическому эффекту?);
- биологическое правдоподобие (воздействующий фактор и вызываемый им эффект должны быть связаны между собой с учётом предполагаемого биологического механизма, т.е. они должны иметь патофизиологическое обоснование);
- аналогия (наличие параллелей с другими хорошо изученными причинно-следственными взаимоотношениями, согласованность с результатами, полученными в эксперименте);
- постоянство (наблюдаемый эффект должен быть подтверждён в других исследованиях);
- зависимость «доза – ответ» (увеличение экспозиции должно приводить к увеличению вероятности развития исследуемого эффекта);
- временная зависимость (причина должна предшествовать следствию);
- обратимость (устранение причины должно вести к снижению риска заболевания)».

При анализе имеющейся информации важно принимать во внимание достоинства и ограниченность тех или иных источников информации о вредных эффектах (табл. 2.5).

Преимущества и недостатки различных источников информации  
о вредных эффектах химических веществ  
(Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др., 2002)

Эпидемиологические исследования	
Преимущества	Недостатки
Реальные условия воздействия, появление интерактивного эффекта	Высокая стоимость и длительность, ретроспективность; не имеют непосредственной профилактической направленности
Исследования на людях	Трудность определения реальной экспозиции, проблема смешанного воздействия
Нередко возможен углубленный анализ всех вредных эффектов	Необходимость обследования больших контингентов для обнаружения риска. Измеряемые эффекты зачастую грубы
Контролируемые клинические исследования	
Условия хорошо определены и контролируемы	Высокая стоимость
Прямые измерения реакций у человека	Сравнительно низкие уровни и краткие сроки воздействия. Связи причины и эффекта не всегда ясны
Возможно исследование чувствительных субпопуляций (например, астматиков)	Обследуемая группа, как правило, небольшая (обычно менее 50 чел.)
Возможность измерения сравнительно ранних изменений	Краткосрочные, слабые и обратимые эффекты. Обычно наиболее восприимчивая группа не подходит для исследований
Токсикологические исследования на животных	
Свободная манипуляция условиями воздействия	Неопределённость сопоставимости реакций животного и человека
Возможность регистрации многих типов реакций	Контролируемое питание и условия содержания. Релевантность по отношению к человеку проблематична
Возможность изучения зависимости эффекта от пола, возраста, генетических особенностей, а также других модификаторов, например, питания	Уровни воздействия и временные факторы часто не соответствуют таковым у человека

Как правило, один источник информации не способен одновременно представить убедительные доказательства способности изучаемого химического соединения вызывать вредные эффекты у человека и охарактеризовать зависимость этих эффектов от уровней, частоты и продолжительности воздействия. Именно поэтому одним из основополагающих принципов гигиены является единство клинико-гигиенических и экспериментальных исследований.

### 2.2.3. Социально-гигиенический мониторинг

Получение данных о состоянии здоровья населения и состоянии окружающей среды являются одними из важнейших задач социальной политики государственных органов власти России. Для решения этих задач создана система [социально-гигиенического мониторинга \(СГМ\)](#) (Здоровье..., 2001).

В целях совершенствования существующей системы социально-гигиенического мониторинга приказом Министра здравоохранения РФ от 27.08.1997 № 334 «Об организации работ по II этапу социально-гигиенического мониторинга» всем органам санэпиднадзора предписано руководствоваться новыми документами по организации мониторинга. Этим приказом утверждён временный перечень показателей II этапа ведения социально-гигиенического мониторинга. Перечень включает показатели здоровья населения, социально-экономические показатели, показатели, характеризующие состояние среды обитания, а именно атмосферного воздуха и питьевой воды. Информация представляется в виде



соответствующих форм с местного уровня на уровень субъекта РФ ([региональный уровень](#)), а затем после соответствующей обработки с уровня субъекта РФ на федеральный уровень. На федеральном уровне в результате обработки выдаются выходные формы по СГМ.

В показатели здоровья включены: доля детей с массой тела менее 2 500 г от общего числа родившихся (%); заболеваемость злокачественными новообразованиями (на 100 000 населения), в т.ч. детей 0 – 14 лет (на 100 000 детей в возрасте до 14 лет) заболеваемость врождёнными аномалиями (пороками) развития детей (до 14 лет включительно) (на 100 000 детей в возрасте до 14 лет); бронхит хронический и неутонченный, эмфизема (на 100 000 населения); бронхиальная астма (на 100 000 населения); смертность – общая (на 100 000 населения) и младенческая (на 1 000 родившихся живыми).

Социально-экономические показатели включают: расходы на здравоохранение (руб./чел), расходы на образование (руб./чел), среднедушевой доход населения (руб./чел), прожиточный минимум (руб./чел), стоимость минимальной продуктовой корзины (руб./чел), число лиц с доходами ниже прожиточного минимума (%), количество жилой площади на 1 человека (м<sup>2</sup>/чел), удельный вес населения, проживающего в коммунальных квартирах (%), процент квартир, не имеющих водопровода (%).

Показатели качества атмосферного воздуха включают: перечень веществ, контролируемых на стационарных и маршрутных постах (из них обязательными являются пыль, свинец, диоксид серы, диоксид азота, с указанием среднегодовой концентрации для перечисленных веществ). Из общего числа контролируемых веществ приводится перечень веществ с превышением ПДК от 2 до 5 раз и более 5 раз, при этом указывается общее число проб и % проб с превышением ПДК. Кроме этого приводятся данные об общем населении территории и населении под воздействием, отрасль промышленности.

Показатели качества питьевой воды включают: наименование веществ, рассматриваемых как приоритетные загрязнители питьевой воды систем централизованного холодного питьевого (х/п) водоснабжения населения, поступление которых связано с загрязнением источника, обработкой воды или с транспортированием воды; наименования веществ (показателей), контролируемых в питьевой воде систем централизованного х/п водоснабжения, при этом указывается общее число проб, % проб с превышением ПДК и 95 перцентиль, вещества 1 класса опасности >ПДК, 2 – 3 класса опасности >3ПДК, 4 класса опасности >5ПДК, общая жёсткость >10мг/экв/л; индикаторные микробиологические показатели: общие колиформы, термотолерантные колиформы, колифаги, при этом указывается общее число проб, % проб с превышением ПДК и 95 перцентиль; условно патогенные и патогенные микроорганизмы, также указывается общее число проб, % проб с превышением ПДК и 95 перцентиль. Приводятся сведения об общем количестве населения, пользующегося питьевой водой из систем централизованного холодного питьевого водоснабжения и количество населения подвергающегося воздействию загрязнений.

В отличие от перечней, действовавших раньше, в новый перечень включены социально-экономические показатели, показатели качества атмосферного воздуха и питьевой воды систем централизованного водоснабжения. Таким образом, эта система социально-гигиенического мониторинга более полно отвечает поставленным задачам и позволяет оценивать как состояние здоровья населения, так и качество атмосферного воздуха и питьевой воды.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.06.2000 № 426 «Об утверждении Положения о социально-гигиеническом мониторинге» введено в действие новое Положение.

Положение устанавливает цели, задачи, порядок проведения социально-гигиенического мониторинга и формирования федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга.

Основные цели и задачи социально-гигиенического мониторинга сформулированы в п.п. 2 – 10 части первой Положения:

2. Социально-гигиенический мониторинг – государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека (далее именуется – мониторинг).



1. Мониторинг осуществляется в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.
2. Мониторинг проводится на федеральном уровне, уровне субъектов Российской Федерации, уровне муниципальных образований на основе разработанных и утверждённых в установленном порядке нормативных правовых актов, в т. ч. санитарных правил, а также методических материалов.
3. Федеральный информационный фонд данных социально-гигиенического мониторинга (далее именуется – федеральный информационный фонд) представляет собой базу данных о состоянии здоровья населения и среды обитания человека, сформированную на основе многолетних наблюдений, а также совокупность нормативных правовых актов и справочных материалов в области анализа, прогноза и определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием [факторов среды обитания](#) человека.
4. При ведении мониторинга решаются следующие задачи:
  - a. формирование федерального информационного фонда;
  - b. выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;
  - c. обеспечение межведомственной координации деятельности по ведению мониторинга в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, выработки предложений для принятия решений федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти объектов Российской Федерации и органами местного самоуправления.
5. В рамках мониторинга используются данные наблюдения:
  - d. за состоянием здоровья населения и факторами [среды обитания](#) человека, в т. ч. биологическими (вирусные, бактериальные, паразитарные), химическими, физическими (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловое, ионизирующее, неионизирующее и иные излучения), социальными (питание, водоснабжение, условия быта, труда и отдыха) и иными факторами (ведётся органами Роспотребнадзора Российской Федерации);
  - e. за природно-климатическими факторами, источниками антропогенного воздействия на [окружающую природную среду](#), в т. ч. на атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почву (ведётся Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, Министерством природных ресурсов Российской Федерации, Государственным комитетом Российской Федерации по статистике и подведомственными им организациями);
  - f. за радиационной обстановкой (ведётся федеральными органами исполнительной власти, организациями, осуществляющими радиационный контроль, в т. ч. и аккредитованными лабораториями радиационного контроля);
  - g. ) за факторами социальной среды человека (ведётся Государственным комитетом Российской Федерации по статистике, другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и подведомственными им организациями);
  - h. за состоянием охраны и условиями труда работающих (ведётся Министерством труда и социального развития Российской Федерации, Государственным комитетом Российской Федерации по статистике, Министерством экономического развития и торговли Российской Федерации и подведомственными им организациями в рамках всероссийского мониторинга социально-трудовой сферы);
  - i. за структурой и качеством питания, безопасностью пищевых Продуктов для здоровья населения (ведётся органами и учреждениями Роспотребнадзора Российской Федерации, государственной ветеринарной службы Российской Федерации, Государственной инспекцией по торговле, качеству товаров и защите прав потребителей, а также органами, осуществляющими государственный надзор в области стандартизации и сертификации).

6. Проведение мониторинга осуществляется путём:

- ж. наблюдения за показателями здоровья населения и состоянием среды обитания человека;
- к. сбора, хранения, обработки и систематизации данных наблюдения за состоянием здоровья населения и среды обитания человека;
- л. использования всех информационных баз данных о состоянии здоровья граждан и среды обитания человека, которые ведутся структурными подразделениями, учреждениями федеральных органов исполнительной власти по вопросам железнодорожного транспорта, обороны, внутренних дел, безопасности, пограничной службы, юстиции, налоговой полиции, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор соответственно на железнодорожном транспорте, в Вооружённых Силах Российской Федерации, других войсках, на объектах обороны и оборонного производства и иного специального назначения.

7. Проведение мониторинга обеспечивает:

- м. установление факторов, оказывающих вредное воздействие на человека, и их оценку;
- н. прогнозирование состояния здоровья населения и среды обитания человека;
- о. определение неотложных и долгосрочных мероприятий по предупреждению и устранению воздействия вредных факторов среды обитания на здоровье населения;
- р. подготовку решений по реализации мер, направленных на охрану здоровья населения и среды обитания человека;
- д. информирование государственных органов, органов местного самоуправления, организаций независимо от их организационно-правовой формы, а также граждан о результатах, полученных в ходе мониторинга».

## **2.2.4. Математические основы установления причинно-следственных связей между воздействием вредных факторов и здоровьем населения**

### **2.2.4.1. Оценка достоверности изучаемых показателей**

Выше уже говорилось о необходимости подтверждения причинных связей между воздействием и эффектами на здоровье человека.

Целью изучения влияния [антропогенных факторов](#) на здоровье является установление взаимосвязей между факторами, действующими на данной территории или в данном населённом пункте и заболеваемостью населения.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- 1 – количественно охарактеризовать состояние окружающей среды на обследуемой территории;
- 2 – изучить и количественно охарактеризовать состояние здоровья населения на данной территории;
- 3 – выявить характер и степень взаимосвязи между [факторами окружающей среды](#) и состоянием здоровья населения;
- 4 – разработать практические рекомендации по уменьшению или ликвидации вредных факторов.

Как уже было сказано раньше, при таких исследованиях необходимо иметь как минимум две группы населения – подверженных и не подверженных действию изучаемых вредных факторов.

Из этого следует, что для изучения необходимо сравнивать состояние здоровья населения на двух территориях – опытной и контрольной. Эти территории должны отличаться по характеру и степени, либо только по степени загрязнения окружающей среды. В то же самое время, выбранные территории не должны различаться по обеспеченности медицинской помощью, уровню её специализации и организации. В

качестве контрольной может быть также выбрана территория, на которой изучаемые факторы находятся в пределах допустимых уровней.

Численность наблюдаемых групп может охватывать 20 – 25 тыс. человек, что примерно соответствует количеству населения обслуживаемого одной поликлиникой.

В первую очередь исследуются отчётные статистические материалы, имеющиеся в лечебных учреждениях. Как мы видели, в таких материалах содержатся сведения об ограниченном количестве заболеваний. Изучение медицинских карт может дать информацию о заболеваниях не входящих в отчётность. При необходимости, как уже говорилось ранее, проводятся дополнительные медицинские обследования всего населения или отдельных групп.

Для описания причинных связей между воздействием и эффектами на здоровье человека используют непрерывные случайные величины. Непрерывными называют величины, которые могут принимать любое значение на некотором интервале. К непрерывным случайным величинам относятся и характеристики факторов воздействия (концентрация загрязнителя на определённой территории, накопленная доза в отдельных организмах популяции и т.д.) и показатели здоровья населения (заболеваемость, смертность и т.д.).

Известны различные функции распределения непрерывных случайных величин: нормальное (гауссово) распределение, экспоненциальное распределение, распределения Вейбулла, Гомперца и Гомперца-Мейкема, распределение Стьюдента (t-распределение, распределение Фишера (F-распределение) и другие.

Нормальное распределение играет особо важную роль при решении прикладных задач во всех естественных науках: медицине, биологии, физике, химии и т.д. Практическая значимость этого распределения при оценке экологических рисков объясняется тем, что показатели здоровья населения на популяционном уровне, показатели заболеваемости и другие подчиняются распределению Гаусса.

Распределение Гаусса, называемое также нормальным распределением, описывается формулой (2.27):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\Delta x)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.27)$$

где случайная величина  $x$  принимает любые значения в диапазоне  $-\infty < x < \infty$ ,

$\Delta x = (x - \bar{x})^2$ . Значение  $\bar{x}$  соответствует точке симметрии распределения, а дисперсия  $D = \sigma^2$  (см. рис. 2.1).

Согласно распределению Гаусса вероятность событий:

$$P(|x - \bar{x}| \leq \sigma) \text{ равна}$$

$$P(|x - \bar{x}| \leq \sigma) = \int_{x-\sigma}^{\bar{x}+\sigma} f(x) \cdot dx = 0,683. \quad (2.28)$$

Соответственно:

$$P(|x - \bar{x}| \leq 2\sigma) = 0,954, \quad (2.29)$$

$$P(|x - \bar{x}| \leq 3\sigma) = 0,9974. \quad (2.30)$$

На рис. 2.1. приведена зависимость для плотности распределения непрерывной случайной величины.

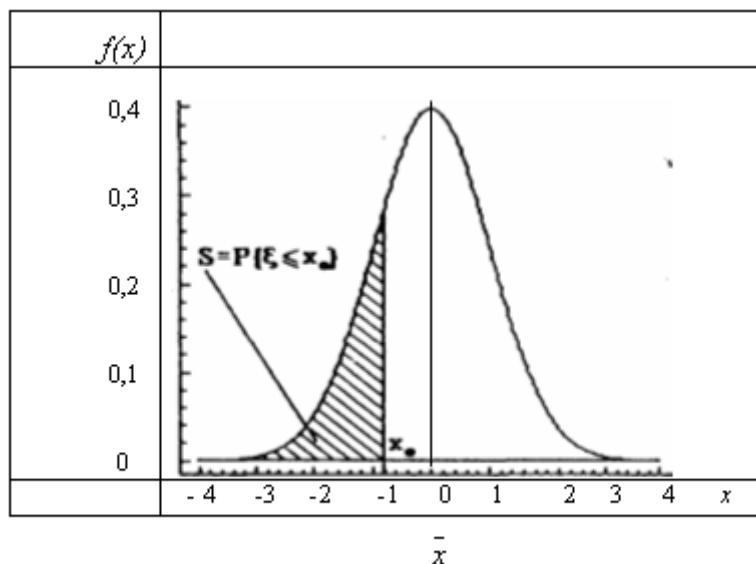


Рис. 2.1. Распределение Гаусса

Геометрически величина  $\sigma$  совпадает с расстоянием от  $\bar{x}$  до точек перегиба кривой  $f(x)$  Гаусса, т.е. в точках  $x = \bar{x} \pm \sigma$  функция плотности имеет точки перегиба, в которых кривая меняется с выпуклой на вогнутую.

Графическая интерпретация связи между этими величинами имеет тот смысл, что для распределения Гаусса не зависимо от значений параметров  $\bar{x}$  и  $\sigma$  площадь под кривой составляет:

0,68	интервала	для	$\pm\sigma;$	$\bar{x}$
0,95	интервала	для	$\pm 1,96\sigma;$	$\bar{x}$
0,99	интервала	для	$\pm 2,58\sigma;$	$\bar{x}$
0,9974	интервала	для	$\pm 3\sigma.$	$\bar{x}$

Широкое применение распределения Гаусса на практике объясняется тем фактом, что при нормальном распределении случайных величин, вероятность попадания значений за пределы довольно узкого интервала, с границами  $\bar{x} \pm 3\sigma$ , составляет всего 0,0026, т.е. менее 0,3 %.

Использование распределения Гаусса и его свойств позволяет обрабатывать результаты санитарно-экологических наблюдений и за состоянием здоровья населения и за состоянием окружающей среды, определять степень их взаимосвязи и оценивать достоверность полученных результатов.

На основе полученных данных в соответствии с формулами 2.1 – 2.26, приведёнными в разделе 2.1.3.1 "Расчёт показателей заболеваемости взрослого населения", производится расчёт тех показателей, для расчёта которых имеются соответствующие данные, например: суммарный показатель заболеваемости, доля (удельный вес) различных форм и групп болезней и структура заболеваемости, число детей с врождёнными аномалиями, число посещений по поводу заболеваний и др.

Итак, мы вычислили ряд показателей. Теперь надо убедиться, что они не случайны и отражают реальную картину состояния заболеваемости, другими словами, надо убедиться в их достоверности. Оценка достоверности полученных показателей осуществляется с использованием методов статистической обработки.

Для любого полученного показателя, прежде всего, необходимо вычислить стандартную среднюю ошибку. Стандартную среднюю ошибку  $m$  вычисляют по формуле (2.31):

$$m = \pm \sqrt{\frac{P(1000 - P)}{N}}, \quad (2.31)$$

где  $m$  – величина стандартной средней ошибки;  $P$  – показатель заболеваемости;  $N$  – число наблюдений.

Следует обратить внимание на то, что формула (2.31) справедлива только для значений  $P < 1000$ .

Если величина утроенной стандартной средней ошибки превышает величину показателя заболеваемости, то такой показатель считают статистически не достоверным и он исключается из дальнейшей обработки.

Для оценки достоверности различия сравниваемых показателей заболеваемости по выбранным территориям или когортам используют критерий Стьюдента-Фишера.

При использовании этого критерия оценка достоверности производится по формуле (2.32):

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (2.32)$$

где:  $t$  – коэффициент достоверности;  $P_1$  и  $P_2$  – показатели заболеваемости в первой и второй когортах;  $m_1$  и  $m_2$  – стандартная средняя ошибка в первой и второй когортах.

В табл. 2.6 приведены значения коэффициентов достоверности и доверительного интервала. Значения коэффициента достоверности  $t$  сравнивают с табличным значением (табл. 2.6).

В большинстве случаев в медицинской практике, также как и в практике биологических и экологических исследований считают результаты приемлемо точными, если они попадают в доверительный интервал 0,95. Это означает, что истинное значение изучаемого параметра с вероятностью 95 % находится в его пределах.

Таблица 2.6

Значения коэффициента достоверности

Коэффициент достоверности $t$	1	1,28	1,65	1,96	2,58	3,03
Доверительный интервал, $\alpha$	0,68	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
Доверительная вероятность, $p$	0,32	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001

**Пример 1.** На территории "А" с повышенным загрязнением атмосферного воздуха в течение 1 года диагностировано заболевание бронхиальной астмой у 1 527 мужчин, при общей численности мужского населения 8 760 человек. На контрольной территории "В" расположенной в зелёной зоне число мужчин, заболевших астмой в течение того же года составило 518, при численности мужского населения 7 780 человек. Необходимо определить суммарные показатели заболеваемости для территории "А" и зоны "В", оценить достоверность данных по каждой зоне и достоверность различия полученных показателей.

Показатель суммарной заболеваемости мужчин на территории "А" в соответствии с формулой (2.7):

$$P_A = \frac{1527 \cdot 1000}{8760} = 174,31 \text{ на } 1000 \text{ мужчин.}$$

Стандартная средняя ошибка для территории "А" в соответствии с формулой (2.31):

$$m_A = \pm \sqrt{\frac{174,31 \cdot (1000 - 174,31)}{8760}} = 3,72$$

Показатель суммарной заболеваемости мужчин на территории "А" в соответствии с формулой (2.7):

$$P_B = \frac{518 \cdot 1000}{7780} = 66,58 \text{ на } 1000 \text{ мужчин.}$$

Стандартная средняя ошибка для территории "А" в соответствии с формулой (2.31):

$$m_B = \pm \sqrt{\frac{66,58 \cdot (1000 - 66,58)}{7780}} = 2,82.$$

Утроенное значение стандартной средней ошибки не превышает показателя заболеваемости ни в первом, ни во втором случаях, так что данные по заболеваемости можно считать достоверными.

Достоверность различия сравниваемых показателей заболеваемости по выбранным территориям проверяем с помощью критерия Стьюдента-Фишера, используя формулу (2.32):

$$t = \frac{174,31 - 66,58}{\sqrt{3,22^2 + 2,82^2}} = 25,17.$$

Величина коэффициента достоверности намного превышает значения, приведённые в табл. 2.6, что подтверждает различие между показателями заболеваемости на сравниваемых территориях.

Часто возникает вопрос о том, какое минимальное число наблюдений (случаев заболевания, больных пациентов и т.п.) необходимо иметь, чтобы получить оценку с допустимой точностью, например, с ошибкой  $\pm 5\%$  или  $\pm 10\%$ . Чаще всего требуется определить показатели с ошибкой  $\pm 5\%$ .

Предельную ошибку показателя определяют по формуле (2.33):

$$\Delta = t \cdot \sqrt{\frac{P \cdot q}{n}}, \quad (2.33)$$

где  $\Delta$  – ошибка показателя;  $t$  – коэффициент достоверности;  $P$  – величина показателя в % или относительных единицах;  $q = (1 - P)$  или  $q = (100 - P)$  в зависимости от того, в каких величинах определён показатель;  $n$  – число наблюдений.

Чтобы получить результат с 95 %-м доверительным интервалом (см. табл. 2.6), коэффициент достоверности  $t$  принимают равным 2.

Тогда из формулы (2.33) можно найти величину числа  $n$  наблюдений (2.34):

$$n = \frac{4 \cdot P \cdot q}{\Delta^2}. \quad (2.34)$$

**Пример 2.** По данным медицинского пункта школы в течение года за медицинской помощью обратились 90 % учеников. Какова должна быть минимальная численность группы наблюдения, чтобы оценка заболеваемости имела ошибку  $\pm 5\%$ ?

В соответствии с формулой (3.36) получим:

$$n = \frac{4 \cdot 90 \cdot 10}{5^2} = 144.$$

Т.е., для получения показателя о заболеваемости с погрешностью  $\pm 5\%$  необходимо иметь группу учащихся не менее 144 человек.

Если численность населения, проживающего на изучаемой территории известна, то для расчёта необходимого числа наблюдений используют формулу (2.35):

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot P \cdot q}{N \cdot m^2 + t^2 \cdot P \cdot q}. \quad (2.35)$$

## 2.2.4.2. Расчёт стандартизованных показателей

Существенное влияние на уровень и структуру заболеваний оказывают не только факторы окружающей среды, но и состав населения: возраст, пол, группы повышенного риска, к которым обычно относят стариков, детей и беременных женщин. При сопоставлении заболеваемости по наблюдаемым

территориям для исключения влияния структуры населения применяют метод стандартизации. Стандартизованные показатели, рассчитанные по данному методу, показывают, какими были бы показатели заболеваемости сравниваемых групп, если бы они имели одинаковый возрастной и половой состав.

Расчёт стандартизованных коэффициентов рассмотрим на простом примере.

**Пример 3.** Сравнить показатели заболеваемости по физическим недостаткам (искривление позвоночника, плоскостопие, и др.) учащихся двух школ. Данные о численности учащихся по возрастным группам в школе "А" и в школе "В" приведены в таблицах 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7

Данные по школе «А»

Возрастная группа, лет	Число учащихся, чел.	Число заболеваний физич. недостатками	Заболеваемость (число учащихся с физич. откл) на 1000	Стандарт, человек	Ожидаемое число больных в группе стандарта
6 – 14	720	72	100	1700	170
15 – 19	270	41	152	510	77,52
Всего:	990	113	114	2210	251,94

Распространённость заболеваний среди детей (заболеваемость) рассчитываем на 1 000 детей в соответствии с формулой (2.11). Данные расчёта помещаем в 4-м столбце.

Таблица 2.8

Данные по школе «В»

Возрастная группа, лет	Число учащихся, чел.	Число заболеваний физич. недостатками	Заболеваемость (число учащихся с физич. откл) на 1000	Стандарт, человек	Ожидаемое число больных в группе стандарта
6 – 14	980	63	64,29	1700	109,29
15 – 19	240	27	112,5	510	57,37
Всего:	1220	90	73,77	2210	154,91

За стандарт можно принять общую численность населения двух исследуемых групп или численность населения одной из изучаемых групп данного возрастного состава, или численность населения какой-либо третьей группы.

Мы принимаем за стандарт суммарную численность учащихся обеих школ и данные по численности стандарта помещаем в пятом столбце.

Далее составляется простая пропорция: в школе "А" в возрастной группе 6 – 14 лет заболеваемость составляет 64,26 на 100 человек. Сколько было бы больных в этой возрастной группе при численности учащихся равной стандарту 1700 человек:

$$\begin{array}{l} 1000 - 4,29 \\ 1700 - x \end{array} \quad (2.36)$$

откуда 
$$X = \frac{1700 \cdot 64,29}{1000} = 109,29.$$

По аналогии рассчитываем стандартизованные показатели для других возрастных групп и для всех учащихся по обеим школам и помещаем данные в шестом столбце.

Сравнивая ожидаемые числа больных в группах стандарта, обнаруживаем, что в школе "В" заболеваемость учащихся была бы гораздо меньше по сравнению со школой "А".

При анализе когорт населения, проживающих на разных территориях, можно разбить всё население на такие возрастные категории, в которых заболеваемость примерно одинакова, например: 15 – 19 лет, 20 – 29, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59, 60 лет и старше.

### 2.2.4.3. Анализ вариационных рядов и определение процентилей

При исследовании проб на загрязнение объектов окружающей среды, также как и при исследовании заболеваемости населения, сопоставлении показателей с помощью статистических методов часто используют [вариационные ряды](#).

Совокупность некоторых данных состоит из отдельных данных – единиц изучаемой совокупности. Единицы изучаемой совокупности обладают интересующим нас признаком в разной мере. Для каждой единицы совокупности данный признак принимает различные значения, т.е. имеет некоторую вариацию (Теория статистики, 2000).

Вариацией признака называется наличие различий в численных значениях признаков у отдельных единиц совокупности.

Для выявления характера распределения единиц совокупности по варьирующим признакам, определения закономерностей этого распределения, строят ряды распределения единиц совокупностей по какому-либо варьирующему признаку.

Ряды распределения, построенные по количественному признаку, называются вариационными.

Вариационные ряды по способу построения бывают двух видов: дискретные и интервальные.

Дискретный ряд распределения можно рассматривать как такое преобразование ранжированного (упорядоченного) ряда, при котором перечисляются отдельные значения признака и указывается их частота или частость.

По своей конструкции дискретный вариационный ряд состоит из двух столбцов: один столбец – значения варьирующего признака ( $x$  – варианты), другой – частоты ( $m$  – абсолютное число случаев данного варианта) или частости ( $w$  – относительная доля каждой частоты в общей сумме частот).

Для построения вариационного ряда значения признака ранжируют в порядке возрастания или в порядке убывания.

Общая схема вариационного ряда такова: в совокупности, состоящей из  $N$  единиц, некоторая переменная величина  $x_i$  (т.е. какой-то варьирующий признак) принимает различные значения, а каждое из этих значений имеет частоту  $m_i$ , или частость  $w_i$  (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Общий вид дискретного вариационного ряда

Вариант	Частота	Частость
$x_1$	$m_1$	$w_1$
$x_2$	$m_2$	$w_2$
$x_3$	$m_3$	$w_3$
·	·	·
·	·	·
·	·	·
$x_n$	$m_n$	$w_n$
Итого:	$N = \sum_i m_i$	$W = \sum_i w_i = 1$

Приведённая схема вариационного ряда применяется для тех случаев, когда варьирующий признак принимает небольшое количество значений. Если же вариантов много, то невозможно образовать группы для каждого из них.

Примером дискретного ряда может служить распределение домашних хозяйств по числу членов семьи, представленное в табл. 2.10.

Если число вариантов велико или признак имеет непрерывную вариацию, то объединение отдельных наблюдений в группы производят на базе интервала. Интервал – это такая группа, которая имеет определенные пределы значений варьирующего признака. Эти пределы обозначают двумя числами, которые указывают верхнюю и нижнюю границы интервала. При использовании интервалов образуются интервальные ряды распределения. Строя интервальный [вариационный ряд](#), определяют, прежде всего, число групп, на которое хотят разбить всю совокупность.



Распределение домашних хозяйств России по числу совместно проживающих членов в 1994 году на 1 000 домашних хозяйств (Теория статистики, 2000)

Число членов домашних хозяйств, чел., $x_i$	Число домашних хозяйств (частота), $m_i$	Число домашних хозяйств (частость), $w_i$
1	192	19,2
2	262	26,2
3	226	22,6
4	205	20,5
5 и более	115	11,5
Итого:	1 000	100,0 %

Для определения числа групп  $k$ , на которое можно поделить совокупность, пользуются формулой Стерджесса (Теория статистики, 2000):

$$k = 1 + 3,322 \cdot \lg N. \quad (2.37)$$

Используя формулу Стерджесса можно определить длину интервала  $h$ , если отбросить аномальные значения признака и построить ряд с равными интервалами:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}. \quad (2.38)$$

При разбиении ряда на интервалы необходимо обращать внимание на значения их границ. Если верхняя граница одного интервала совпадает с нижней границей следующего за ним интервала, то остаётся неясным, в какой интервал попадают пограничные случаи. Пограничное значение можно включить в предыдущие группы или в последующие. Важно соблюдать принятое правило для всего разбиения. Можно также установить границы между группами таким образом, чтобы верхняя граница данного интервала несколько отличалась от нижней границы следующего за ним интервала, например: принимаем значения границ – до 3,0; 3,1 – 5,0; 5,1 – 7,0; 7,1 – 9,0 и т.д.

Любой вариационный ряд можно охарактеризовать с помощью накопленных частот. Накопленная частота показывает число единиц совокупности, у которых значение варианта не больше данного. Накопленная частота для данного варианта или для верхней границы данного интервала получается суммированием (накапливанием) частот всех предшествующих интервалов, включая данный.

Если вместо абсолютных частот использовать частости, то аналогично получим накопленные частости. Ряд частостей применяют, когда совокупность очень велика. Кроме того, они позволяют сравнивать распределения по одному и тому же признаку в разных по численности совокупностях. Для приведения частостей, относящихся к интервалам разной длины, к сопоставимому виду, используют относительную плотность распределения. Вычисляют абсолютную и относительную плотности распределения.

Абсолютная плотность распределения – это частота, приходящаяся на единицу длины интервала –  $\frac{m_i}{h_i}$ .

Относительная плотность распределения – это частость, приходящаяся на единицу длины интервала –  $\frac{w_i}{h_i}$ .

Для характеристики распределения применяют средние величины, такие как средняя арифметическая простая, средняя арифметическая взвешенная, мода, медиана.

Среднюю  $\bar{x}$  арифметическую простую определяют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_i x_i, \quad (2.39)$$

где  $x_i$  – текущие величины признака,  $n$  – число признаков в вариационном ряду.

Среднюю  $\bar{x}$  арифметическую взвешенную определяют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \cdot m_i}{\sum_i m_i}. \quad (2.40)$$

В отличие от средней арифметической, на которую оказывают влияние все значения  $x_i$ , значение медианы совершенно не зависит от крайних значений признака.

**Медианой** называют такое значение признака, которое приходится на середину ранжированного ряда. Таким образом, в ранжированном ряду распределения одна половина признака имеет значения признака, превышающие медиану, другая – меньше медианы.

Значение медианы  $M_e$  при использовании частот на данном интервале определяют по следующей формуле:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{1}{2} \sum_i m_i - F_{k-1}}{m_k}, \quad (2.41)$$

где  $x_{k-1}$  – нижняя граница медианного интервала;  $h_k$  – длина медианного интервала;  $F_{k-1}$  – накопленная частота интервала, предшествующего медианному;  $m_k$  – частота медианного интервала.

Если вместо частот использовать частоты, то значение медианы определяют по формуле:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{1}{2} \sum_i w_i - p_{k-1}}{w_k}, \quad (2.42)$$

где  $p_{k-1}$  – накопленная частота интервала, предшествующего медианному;  $w_k$  – частота медианного интервала.

Для анализа структуры вариационного ряда используют такие значения признака, которые делят все распределение на равные группы, называемые квантилями. Квартили, квинтили, децили и процентиля являются частными случаями квантилей.

Медиана делит вариационный ряд пополам: 50 % его признаков меньше медианы и 50% – больше. Таким образом, медиана является 50-м процентилем.

Квартелями называются такие значения признака, которые делят распределение на четыре равные части.

Квинтили делят распределение на пять равных частей.

Децили делят распределение на десять равных частей или, что то же самое, децили соответствуют десятые части совокупности.

Процентили делят распределение на сто равных частей. Или другими словами, процентиля – это величины, делящие выборку данных на 100 групп, содержащих (по возможности) равное количество наблюдений, по 1 % наблюдений в каждой группе.

Можно еще сказать, что процентиля это значения в ряду наблюдений в порядке возрастания (убывания) величин, которые делят распределение на 100 равных частей.

Квартили, квинтили, децили и процентиля определяют по тем же формулам, что и медиану.

При исследовании проб на загрязнение объектов окружающей среды часто встречается необходимость определить число проб, превышающих 95 % всех исследованных проб. Для этого определяют 95-й процентиль.

95-му процентилю – соответствует уровень загрязнения пробы, превышающий по этому показателю 95 % всех исследованных проб.

**Пример 4.** На некоторой территории проведено обследование вод хозяйственно-бытового назначения. В обследованных источниках обнаружено присутствие свинца. Всего взято 50 проб. ПДК для свинца в водах хозяйственно бытового назначения составляет 0,1 мг/кг. В проведенных анализах

обнаружены концентрации свинца, значения которых приведены в табл. 2.11. Для построения вариационного ряда значения концентраций ранжированы в порядке их возрастания.

В соответствии с принятой оценкой степени напряжённости медико-экологической ситуации (см. табл. 3.37) степень напряжённости оценивают по величине превышения концентрации вредного вещества 1-го класса опасности над ПДК в следующих значениях: до 1; 1,1 – 2,0; 2,1 – 3,0; 3,1 – 5,0 и более 5,0.

Разбить вариационный ряд на интервалы в соответствии со степенью напряжённости. Определить число проб в каждой группе. Определить частоту. Определить накопленные частоты и частоту. Определить значение медианы. Определить значение 95-й процентиля. Сделать выводы о пригодности обследованного источника для использования воды в хозяйственно-бытовых целях.

Таблица 2.11

Результаты анализа образцов воды на содержание свинца

№ пробы	Pb мг/кг	№ пробы	Pb мг/кг	№ пробы	Pb мг/кг	№ пробы	Pb мг/кг	№ пробы	Pb мг/кг
1	0	11	0,17	21	0,23	31	0,34	41	1,28
2	0	12	0,17	22	0,23	32	0,41	42	1,39
3	0	13	0,18	23	0,24	33	0,44	43	1,62
4	0	14	0,19	24	0,24	34	0,47	44	1,80
5	0,05	15	0,21	25	0,24	35	0,48	45	2,19
6	0,05	16	0,21	26	0,25	36	0,70	46	2,21
7	0,1	17	0,21	27	0,28	37	0,74	47	2,41
8	0,1	18	0,21	28	0,30	38	0,76	48	2,63
9	0,1	19	0,22	29	0,31	39	0,77	49	2,76
10	0,1	20	0,22	30	0,32	40	0,80	50	27,80

Разобьём вариационный ряд на 5 интервалов в соответствии с уровнями превышения. Результаты поместим в табл. 2.12.

95-ю процентилю определим, используя формулу (3.46), отбросив при этом последнее 50-е значение ряда, как "аномальное".

В нашем примере вариационный ряд содержит 50 проб.

$$95\text{-й уровень} = \frac{50 \cdot 95}{100} = 47,5.$$

Таблица 2.12

Группировка загрязнения воды по величине превышения концентрации свинца над ПДК

Величина превышения концентраций	Количество анализов		Середина интервала, $x_i$	Накопленные		Плотность распределения в интервале, $\frac{m_i}{h_i}$
	Единиц $m_i$	% или частота, $w_i$		Частоты, $F_i$	Частоты, $p_i$	
От 0 до 1,0	10	20	0,5	10	20	40
1,1-2,0	4	8	1,55	14	28	8,89
2,1-3,0	14	28	2,55	28	56	31,1
3,1-5,0	7	14	4,05	35	70	7,36
> 5,0	15	30	–	50	100	–
Итого:	50	100	–			–

Полученное число округляем до целого, таким образом 47-я проба будет нижней границей 95-го перцентиля. Величина 95-го перцентиля будет:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{95}{100} \sum_i m_i - F_{k-1}}{m_k} = 2,41 + 0,35 \frac{\frac{95}{100} \cdot 49 - 46}{47} = 2,421.$$

Характеристиками вариационного ряда являются: являются дисперсия и среднее квадратическое отклонение.

Дисперсию называют мерой вариации вариационного ряда. Дисперсию для не сгруппированного ряда вычисляют по формуле:

$$D = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n}. \quad (2.43)$$

Для сгруппированного ряда дисперсию вычисляют по формуле:

$$D = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot m_i}{\sum_i m_i}. \quad (2.44)$$

Среднее квадратическое отклонение измеряется в тех же единицах, что и варьируемый признак, и исчисляется путём извлечения квадратного корня из дисперсии:

для несгруппированных данных:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (2.45)$$

для сгруппированных данных:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot m_i}{\sum_i m_i}}. \quad (2.46)$$

Среднее квадратическое отклонение показывает, на сколько в среднем отклоняются конкретные варианты признака от его среднего значения. Отклонение, выраженное в  $\sigma$ , называется нормированным или стандартизованным.

#### 2.2.4.4. Обоснование наличия взаимосвязи между показателями состояния здоровья и вредными факторами

При изучении влияния факторов окружающей среды на здоровье населения не достаточно убедиться в достоверности полученных данных, как по оценке здоровья населения, так и по оценке самих вредных факторов. Одной из самых трудных задач является доказательство того, что влияние изучаемого фактора на здоровье населения, на появление того или иного заболевания, на самом деле существует. В числе методов, используемых для доказательства, можно упомянуть экспертные оценки, графоаналитические методы и статистические методы, включающие также вероятностный анализ. Нисколько не сомневаясь в полезности и экспертных оценок и графоаналитических методов, мы не станем задерживать на них внимания в силу ограниченного объёма данного пособия и остановимся лишь на статистических методах, поскольку они при всех допущениях всё же дают какие то количественные оценки. При хорошем владении и знании возможностей, с помощью этих методов можно получить вполне достоверные и убедительные доказательства существования влияния того или иного фактора на определённый вид заболеваемости населения. Тем более что эти методы в настоящее время достаточно хорошо компьютеризированы. Мы остановим наше внимание лишь на основных понятиях статистических

методов, которые, тем не менее, должны дать основы для понимания существа и возможностей применения таких методов.

При анализе причинно-следственных связей между факторами воздействия и показателями состояния здоровья наиболее часто используется корреляционно регрессионный метод.

**Корреляция** характеризует степень взаимосвязи между вариационными рядами. Степень и характер взаимосвязи между двумя корреляционными рядами  $x$  и  $y$  определяет коэффициент корреляции  $r_{xy}$ , который вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.47)$$

где:  $r_{xy}$  – коэффициент корреляции между параметрами  $x$  и  $y$ ;  $x_i$  и  $y_i$  – значение параметров  $x$  и  $y$  в  $i$ -м наблюдении;  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние арифметические значения параметров  $x$  и  $y$  для  $n$  проведенных опытов или наблюдений.

Величина коэффициента корреляции всегда находится в пределах

$$-1 \leq r_{xy} \leq +1. \quad (2.48)$$

Если  $r_{xy}=0$ , то это означает, что параметры  $x$  и  $y$  совершенно не зависимы друг от друга. Если  $r_{xy}<0$ , то это означает, что с увеличением в вариационном ряду наблюдаемых величин  $x$  соответствующие им значения величин  $y$  уменьшаются, т.е. между вариационными рядами существует обратная взаимосвязь.

Если  $r_{xy}=1$ , то это означает, что между параметрами  $x$  и  $y$  существует прямо пропорциональная функциональная зависимость. Если  $r_{xy}>0$ , то с увеличением в вариационном ряду наблюдаемых величин  $x$  соответствующие им значения величин  $y$  увеличиваются, т.е. между вариационными рядами существует прямая взаимосвязь.

Чем больше абсолютная величина коэффициента корреляции, тем больше достоверная вероятность наличия взаимосвязи между исследуемыми явлениями.

Поскольку и показатели загрязнения окружающей среды и показатели здоровья населения являются величинами случайными и показатели загрязнения не зависят от здоровья, полагают, что они подчиняются закону распределения Гаусса. Для распределения Гаусса все случайные величины укладываются с достоверной вероятностью 0,99 в интервал  $3\sigma$ .

Среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  для нормального распределения определяют по формуле (2.45).

Для распределения Гаусса достоверный интервал коэффициента  $r$  корреляции определяют через достоверный интервал коэффициента  $z$ . Коэффициент  $r$  корреляции связан с коэффициентом  $z$  соотношением:

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}. \quad (2.49)$$

Среднюю ошибку  $m_r$  коэффициента корреляции рассчитывают по формуле:

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (2.50)$$

Если между показателем состояния здоровья и исследуемыми факторами загрязнения окружающей среды действительно существует взаимосвязь и это подтверждается с одной стороны достоверностью определения самих показателей и факторов, и с другой большим значением коэффициента корреляции, то можно говорить не только о наличии взаимосвязи, но и о существовании функциональной связи.

Для описания такой связи предложена математическая модель в виде уравнения регрессии (2.51):

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^{i=n} b_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^{i=n} b_i \cdot X_i^2, \quad (2.51)$$

где  $\bar{y}$  – теоретическое значение (математическое ожидание) показателя состояния здоровья;  $b_0$  – фоновое значение показателя состояния здоровья;  $n$  – число данных о величинах исследуемого фактора состояния окружающей среды;  $X_i$  – исследуемый вредный фактор (загрязнитель окружающей среды: физический, химический или биологический), обуславливающий изменение показателя состояния здоровья на исследуемой территории;  $b_i$  – коэффициент регрессии, характеризующий силу и направленность влияния вредного фактора.

В уравнении (2.51) первая сумма характеризует линейное влияние вредных факторов, вторая сумма – нелинейность зависимости, если такая имеет место.

В наиболее простом случае, когда между одним вредным фактором и одним показателем здоровья существует взаимосвязь, т.е. когда при увеличении величины фактора показатель здоровья увеличивается или уменьшается пропорционально изменению фактора, эта взаимосвязь может быть выражена функциональным уравнением:

$$\bar{y} = b_0 + b \cdot x_1. \quad (2.52)$$

Коэффициент  $b$  линейной регрессии и коэффициент  $r_{xy}$  корреляции связаны между собой уравнением:

$$r_{xy} = \frac{b \cdot \sigma_x}{\sigma_y}, \quad (2.53)$$

где  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – соответственно среднеквадратические отклонения показателя  $x$  здоровья и вредного фактора  $y$ , которые определяют по формулам:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (2.54)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \bar{y})^2}{n}}, \quad (2.55)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – текущие значения величин  $x$  и  $y$  в каждом опыте,  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние арифметические значения величин  $x$  и  $y$ .

До сих пор мы рассматривали лишь вопрос о взаимосвязи одного показателя здоровья и одного вредного фактора. На самом деле реальная ситуация требует анализа влияния нескольких вредных факторов на ряд показателей здоровья. В таких случаях пользуются уравнениями множественной регрессии.

В случае линейных зависимостей уравнение множественной регрессии принимает вид:

$$\bar{y} = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n, \quad (2.56)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – вредные факторы, влияющие на показатель здоровья.

На практике для решения этой задачи требуется определить множество величин для каждого вредного фактора и величины коэффициентов множественной регрессии. Для решения уравнения множественной регрессии используют метод наименьших квадратов. Для решения такой задачи необходимо составить систему из  $n+1$  уравнений, т.е. число наблюдений должно быть на 1 больше числа анализируемых признаков. При рассмотрении взаимосвязи более чем между двумя признаками, находят коэффициенты множественной регрессии. Отличие коэффициента множественной регрессии состоит в том, что он всегда положителен и его величина лежит в пределах от 0 до 1.

В настоящее время для корреляционно регрессионного анализа, в том числе и для решения задач оценки воздействия вредных факторов на показатели здоровья населения разработаны хорошие компьютерные программы типа SAS, STATISTICA и др.

## **2.2.5. Влияние факторов окружающей среды на распространённость некоторых болезней**

Изучению взаимосвязей факторов окружающей среды и различных видов заболеваний посвящено большое количество научных исследований, опубликовано огромное количество статей и монографий. Мы попытаемся дать очень короткий анализ только основных направлений исследований по данной проблеме.

При анализе причинно следственных связей между показателями здоровья и состоянием окружающей среды исследователи, прежде всего, уделяют внимание зависимостям показателей состояния здоровья от состояния отдельных компонентов окружающей среды: воздуха, воды, почвы, продуктов питания и др. В табл. 2.13 приведён ориентировочный перечень факторов окружающей среды и их влияния на развитие различных патологий.

Как видим загрязнение атмосферного [воздух](#), считают одной из основных причин заболеваний болезни системы кровообращения, врождённых аномалий и патологий беременности, новообразований рта, носоглотки, верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов, лёгких и других органов дыхания, новообразований мочеполовой системы.

В числе причин этих заболеваний на первом месте стоит именно загрязнение воздуха. В числе причин других заболеваний загрязнение воздуха стоит на 2-м, 3-м и 4-м местах.

Таблица 2.13

Ориентировочный перечень факторов окружающей среды в связи с их возможным влиянием на уровень распространённости некоторых классов и групп болезней

п/п	Патология	Факторы
1	Болезни системы кровообращения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загрязнение атмосферного воздуха окислами серы, окисью углерода, окислами азота, фенолом, бензолом, аммиаком, сернистыми соединениями, сероводородом, этиленом, пропиленом, бутиленом, жирными кислотами, ртутью и др.</li> <li>2. Шум</li> <li>3. Жилищные условия</li> <li>4. Электромагнитные поля</li> <li>5. Состав питьевой воды: нитраты, хлориды, нитриты, жесткость воды</li> <li>6. Биогеохимические особенности местности: недостаток или избыток кальция, магния, ванадия, кадмия, цинка, лития, хрома, марганца, кобальта, бария, меди, стронция, железа во внешней среде</li> <li>7. Загрязнение окружающей среды пестицидами и <a href="#">ядохимикатами</a></li> </ol>

		<p>8. Природно-климатические условия: быстрота смены погоды, влажность, барометрическое давление, уровень инсоляции, сила и направление ветра</p>
2	Болезни кожи и подкожной клетчатки	<p>1. Уровень инсоляции 2. Недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде 3. Загрязнение атмосферного воздуха</p>
3	Болезни нервной системы и органов чувств. Психические расстройства	<p>1. Природно-климатические условия: быстрота смены погоды, влажность, барометрическое давление, температурный фактор 2. Биогеохимические особенности: высокая минерализация почвы и воды 3. Жилищные условия 4. Загрязнение атмосферного воздуха окислами серы, окисью углерода, окислами азота, хромом, сероводородом, двуокисью кремния, формальдегидом, ртутью и др. 5. Шум 6. Электромагнитные поля 7. Хлорорганические, фосфорорганические и др. пестициды</p>
4	Болезни органов дыхания	<p>1. Природно-климатические условия: быстрота смены погоды, влажность 2. Жилищные условия 3. Загрязнение атмосферного воздуха: пылью, окислами серы, окислами азота, окисью углерода, сернистым ангидридом, фенолом, аммиаком, углеводородом, двуокисью кремния, хлором,</p>



		<p>акролеином, фотооксидантами, ртутью и др.</p> <p>4. Хлорорганические, фосфорорганические и др. пестициды</p>
5	Болезни органов пищеварения	<p>1. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами</p> <p>2. Недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде</p> <p>3. Жилищные условия</p> <p>4. Загрязнение атмосферного воздуха сероуглеродом, сероводородом, пылью, окислами азота, хлором, фенолом, двуокисью кремния, фтором и др.</p> <p>5. Шум</p> <p>6. Состав <a href="#">питьевой воды</a>, жёсткость воды</p>
6	Болезни крови и кроветворных органов	<p>1. Биогеохимические особенности: недостаток или избыток хрома, кобальта, редкоземельных металлов во внешней среде</p> <p>2. Загрязнение атмосферного воздуха окислами серы, окисью углерода, окислами азота, углеводородом, азотистоводородной кислотой, этиленом, пропиленом, амиленом, сероводородом и др.</p> <p>3. Электромагнитные поля</p> <p>4. Нитриты и нитраты в питьевой воде</p> <p>5. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами.</p>
7	<a href="#">Врождённые аномалии</a>	<p>1. Загрязнение атмосферного воздуха</p> <p>2. Загрязнение окружающей среды пестицидами</p> <p>3. Шум</p> <p>4. Электромагнитные поля</p>

8	Болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уровень инсоляции</li> <li>2. Избыток или недостаток свинца, йода, бора, кальция, ванадия, брома, хрома, марганца, кобальта, цинка, лития, меди, бария, стронция, железа, урочрома, молибдена во внешней среде</li> <li>3. Загрязнение атмосферного <a href="#">воздуха</a></li> <li>4. Шум</li> <li>5. Электромагнитные поля</li> <li>6. Жёсткость питьевой воды</li> </ol>
9	Болезни мочеполовых органов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаток или избыток цинка, свинца, йода, кальция, марганца, кобальта, меди, железа во внешней среде</li> <li>2. Загрязнение атмосферного воздуха сероуглеродом, двуокисью углерода, углеводородом, сероводородом, этиленом, окисью серы, бутиленом, амиленом, окисью углерода</li> <li>3. Жёсткость <a href="#">питьевой воды</a></li> </ol>
	В том числе: патология беременности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загрязнение атмосферного воздуха</li> <li>2. Электромагнитные поля</li> <li>3. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами</li> <li>4. Недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде</li> </ol>
10	Новообразования рта, носоглотки, верхних дыхательных путей, трахеи, bronхов, лёгких и других органов дыхания	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загрязнение атмосферного воздуха</li> <li>2. Влажность, уровень инсоляции, температурный фактор, количество дней с суховеями и пыльными бурями, барометрическое давление</li> </ol>

Вторым по степени влияния на заболеваемость, обусловленную экологическими причинами в большинстве случаев можно считать недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде. Для новообразований пищевода, желудка и других органов пищеварения это проявляется в биогеохимических особенностях местности: недостатке или избытке магния, марганца, кобальта, цинка, редкоземельных металлов, меди, высокой минерализации почвы. Для болезней эндокринной системы, расстройств питания, нарушения обмена веществ – это избыток или недостаток свинца, йода, бора, кальция, ванадия, брома, хрома, марганца, кобальта, цинка, лития, меди, бария, стронция, железа, урочрома, молибдена во внешней среде и т.д.

Данные табл. 2.13 показывают, что химические вещества, пыль и минеральные волокна, вызывающие заболевания раком, действуют, как правило, избирательно, поражая те или иные органы. Большинство раковых заболеваний при действии химических веществ, пыли и минеральных волокон связано, очевидно, с профессиональной деятельностью. Однако, как показали исследования риска, население, проживающее в зонах влияния опасных химических производств (например, в г. Чапаевск), также подвержено воздействию. В этих зонах выявлены повышенные уровни раковых заболеваний. Мышьяк и его соединения, а также диоксины оказывают воздействие на всё население в силу большой распространённости. Бытовые привычки и пищевые продукты естественно оказывают воздействие на всё население.

Изучению возможности поступления токсичных веществ одновременно несколькими путями и их комплексному воздействию на здоровье населения посвящены работы многих Российских и зарубежных учёных (Авалиани С.Л., 1995; Винокур И.Л., Гильденскиольд Р.С., Ершова Т.Н. и др., 1996; Гильденскиольд Р.С., Королев А.А., Суворов Г.А. и др., 1996; Касьяненко А.А., Журавлёва Е.А., Платонов А.Г. и др., 2001; Ott W.R., 1985).

Одними из опаснейших химических соединений являются стойкие органические загрязнители (СОЗ), которые попадают в окружающую среду при производстве хлорсодержащих веществ, сжигании бытовых и медицинских отходов, использовании пестицидов. К этим веществам относятся восемь пестицидов (ДДТ, альдрин, дильдрин, эндрин, гептахлор, хлордан, токсафен, мирекс), полихлорированные бифенилы (ПХБ) диоксины, фураны, гексахлорбензол (Ревич Б.А., 2001). Эти вещества представляют опасность для здоровья человека не зависимо от путей, по которым они попадают в организм. В табл. 2.14 приведены характеристики воздействия перечисленных восьми пестицидов и полихлорированных бифенилов.

Как видим, названные вещества оказывают влияние и на репродуктивные функции, и являются причиной раковых заболеваний, приводят к нарушениям нервной и иммунной систем и другим не менее опасным эффектам.

Таблица 2.14  
Воздействие СОЗ на здоровье (краткий список): эмпирические открытия (Ревич Б.А., 2001)

Вещества	Воздействие
ДДТ	Повреждения репродуктивной функции в живой природе, особенно утончение яичной скорлупы у птиц
	ДДЭ, метаболит ДЦТ, возможно, связан с раком молочной железы (M.S, Wolff, P.G.Toniolo, 1995), но результаты имеют неоднозначный характер (N. Krieger et al., 1994; D.J. Hunter et al., 1997)
	Высокие дозы приводят к нарушениям нервной системы (конвульсиям, тремору, мышечной слабости) (R. Carson, 1962)
Альдрин,	Эти вещества обладают сходным характером воздействия, но эндрин – наиболее

диль-дрин, эндрин	токсичный из них
	Связь с подавлением иммунной системы (T. Colborn, C. Clement, 1992)
	Нарушения нервной системы (конвульсии), влияние на функции печени при высоком уровне воздействия (R. Carson, 1962)
Альдрин, диль-дрин, эндрин	Диэлдрин – воздействие на репродуктивную функцию и на поведение (S. Wiktelius, C.A. Edwards, 1997)
Хлордан	Возможный канцероген для человека; в высоких концентрациях, вероятно, способствует возникновению опухолей молочной железы (K. Nomata et al., 1996)
Гептахлор	Воздействие на уровни прогестерона и эстрогена у лабораторных крыс (J.A. Oduma et al., 1995)
	Нарушения нервной системы и функции печени (EPA, 1990)
Гексахлорбензол (ГХБ)	Вероятный канцероген для человека
	Поражает DNA в клетках печени человека (R. Canonero et al., 1997)
	Изменения функций клеток белой крови при производственном экспонировании (M.L. Queirox et al., 1997)
	Изменения образования стероидов (W.G. Foster et al., 1995)
	Высокие уровни экспонирования связывают с порфиринурией. метаболическим заболеванием печени (I.M. Rietjens et al., 1997)
	Увеличение щитовидной железы, покрытие рубцами и артрит проявляются у потомства случайно экспонированных женщин (T. Colborn, C. Clement, 1992)
Мирекс	Вероятный канцероген для человека
	Вызывает подавление иммунной системы (T. Colborn, C. Clement, 1992)
	У крыс проявляет токсическое воздействие на плод, включая образование катаракты (WHO, Environmental Health Criteria 44: Mirex, 1984)

	<p>Гипертрофия печени вследствие долгосрочного экспонирования малыми дозами у крыс (WHO, 1984)</p>
<p>Полихлорированные дибензо-<i>p</i>-диоксины – ПХДД и полихлорированные дибензофураны – ПХДФ</p>	<p>Токсическое воздействие на развитие, эндокринную, иммунную систему; репродуктивную функцию человека</p> <p>2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксин (ТХДЦ) – канцероген для человека (IARC, 1997)</p> <p>Токсическое воздействие на развитие и иммунную систему у животных, особенно у грызунов (A. Schecter, 1994)</p> <p>Изменение уровней гормонов – эстрогена, прогестерона, тестостерона и тироида – у некоторых особей; снижение уровня тестостерона в сыворотке крови у экспонированных людей (A. Schecter, 1994)</p> <p>Препятствует действию эстрогена у некоторых особей; уменьшение плодовитости, размера выводка и веса матки у мышей, крыс, приматов (A. Schecter, 1994)</p> <p>Хлоракне как ответ на высокую дозу вследствие кожного или системного воздействия (A. Schecter, 1994)</p> <p>Акнеформенная сыпь, возникающая вследствие контакта с кожей (H.A. Tilson et al., 1990)</p> <p>Эстрогенное воздействие на объекты живой природы (J.M. Bergeron et al., 1994)</p>
<p>Токсафен</p>	<p>Возможный <a href="#">канцероген</a> для человека, вызывает нарушения репродуктивной функции и развития у млекопитающих</p> <p>Проявляет эстрогенную активность (S.F. Arnold et al., 1997)</p>
<p>Полихлорированные бифенилы – ПХБ</p>	<p>Воздействие на плод, в результате которого наблюдаются изменения нервной системы и развития ребенка, снижение его психомоторных функций, краткосрочной памяти и познавательных функций, долгосрочное воздействие на интеллект (H.A. Tilson et al., 1990; Jacobson et al., 1990; J.L. Jacobson, S.W. Jacobson, 1996)</p>

В XX веке впервые возникли экологические заболевания, т. е. заболевания, возникновение которых связано только с воздействием конкретных химических веществ (табл. 2.15). Среди них наиболее известны и хорошо изучены болезни, связанные с воздействием ртути, – болезнь Минамата; кадмия – болезнь Итай-Итай; мышьяка – «черная стопа»; полихлорированных бифенилов – Ю-Шо и Ю-Ченг (Ревич Б.А., 2001).

Таблица 2.15

Загрязняющие вещества и экологические заболевания населения

Загрязняющие вещества	Экологические заболевания
Мышьяк в пищевых продуктах и воде	Рак кожи – провинция Кордоба (Аргентина), «черная стопа» – остров Тайвань. Чили
Метилртуть в воде, рыбе	Болезнь Минамата. 1956, Ниигата, 1968 -Япония
Метилртуть в продуктах питания	Смертельные исходы – 495 человек, отравления – 6 500 человек – Ирак, 1961
Кадмий в воде и рисе	Болезнь Итай-Итай – Япония, 1946
Загрязнение риса маслом, содержащим ПХБ	Болезнь Ю-Шо – Япония, 1968; болезнь Ю-Ченг – остров Тайвань, 1978-1979

При изучении раковых заболеваний населения, связанных с воздействием различных химических веществ, полезно знать, какие вещества признаны ответственными за заболевание тех или иных органов (табл. 2.16).

Доказанные канцерогены для человека (группа 1 по классификации МАИР)  
(В. Худоней, 1999; Ревич Б.А., 2001)

Наименование фактора	Органы-мишени	Группа населения
<i>1. Химические соединения</i>		
4-Аминобифенил	Мочевой пузырь	Рабочие
Бензидин	Мочевой пузырь	Рабочие
Бензол	Кровотворная система	Рабочие
Бериллий и его соединения	Лёгкие	Рабочие
Бис (хлорметил)эфир и технический хлорметилловый эфир	Лёгкие	Рабочие
Винил хлорид	Печень, кровеносные сосуды (мозг, лёгкие, лимфатическая система)	Рабочие
Горчичный газ (сернистый иприт)	Глотка, гортань, лёгкие	Рабочие
Кадмий и его соединения	Лёгкие, предстательная железа	Рабочие
Каменноугольные пеки	Кожа, лёгкие, мочевой пузырь (гортань, полость рта)	Рабочие
Каменноугольные смолы	Кожа, лёгкие (мочевой пузырь)	Рабочие
Минеральные масла (неочищенные)	Кожа (лёгкие, мочевой пузырь)	Рабочие
Мышьяк и его соединения	Лёгкие, кожа	Общие группы населения
2-Нафтиламин	Мочевой пузырь (лёгкие)	Рабочие
Никель и его соединения	Полость носа, лёгкие	Рабочие
Сланцевые масла	Кожа (желудочно-кишечный тракт)	Рабочие
Диоксины	Лёгкие (подкожная клетчатка, лимфатическая система)	Рабочие, общие группы населения
Хром шестивалентный	Лёгкие (полость носа)	Рабочие
Этиленоксид	Кровотворная и лимфатическая системы	Рабочие
<i>2. Бытовые привычки</i>		
Алкогольные напитки	Глотка, пищевод, печень, гортань, полость рта (молочная железа)	Общие группы населения
Жевательный бетель с табаком	Полость рта, глотка, пищевод	Общие группы населения
Табак (курение, табачный дым)	Лёгкие, мочевой пузырь, пищевод, гортань, поджелудочная железа	Общие группы населения
Табачные продукты, бездымные	Полость рта, глотка, пищевод	Общие группы населения
<i>3. Пыль и минеральные волокна</i>		
Асбест	Лёгкие, плевра, брюшина (желудочно-кишечный тракт, гортань)	Рабочие
Древесная пыль	Полость носа и параназальные синусы	Рабочие
Кремний кристаллический	Лёгкие	Рабочие
Сажи	Кожа, лёгкие	Рабочие
Тальк, содержащий асбестовые волокна	Лёгкие	Рабочие
Эрионит	Плевра, брюшина	Рабочие
<i>4. Пищевые продукты и пищевые contaminants</i>		
Афлатоксины	Печень (лёгкие)	Общие группы населения
Солёная рыба, приготовленная китайским способом	Носоглотка (желудок, пищевод)	Общие группы населения
Радон и продукты его распада	Лёгкие	Общие группы населения
Солнечная радиация	Кожа	Общие группы населения

Ряд загрязняющих веществ и ионизирующая радиация оказывает отрицательное воздействие на репродуктивное здоровье – см. табл. 2.17 – (Ревич Б.А.,2001).

Таблица 2.17

Загрязняющие вещества и нарушения репродуктивного здоровья  
(*Priority Health Conditions, 1993; T. Aldrich, J. Griffith, 1993*)

Вещество	Нарушения
Ионизирующая радиация	Бесплодие, микроцефалия, хромосомные нарушения, рак у детей
Ртуть	Нарушения менструального цикла, спонтанные аборт, слепота, глухота, задержка умственного развития
Свинец	Бесплодие, спонтанные аборт, врожденные пороки развития, малый вес при рождении, нарушения спермы
Кадмий	Малый вес новорожденных
Марганец	Бесплодие
Мышьяк	Спонтанные аборт, уменьшение веса тела новорожденных, врожденные пороки развития
Полиароматические углеводороды (ПАУ)	Уменьшение фертильности
Дибромхлорпропан	Бесплодие, изменения спермы
ИХБ	Спонтанные аборт, малый вес новорожденного, врожденные пороки развития, бесплодие
1,2-дибром-3-хлорпропан	Нарушения спермы, стерильность
Хлорсодержащие вещества (хлороформ и др)	Врожденные пороки развития (глаза, уши, рот), нарушения деятельности центральной нервной системы, перинатальная смертность
Альдрин	Спонтанные аборт, преждевременные роды
Дихлорэтилен	Врожденные пороки развития (сердце)
Диль дрин	Спонтанные аборт, преждевременные роды
Гексахлорциклопексан	Гормональные нарушения, спонтанные аборт, преждевременные роды
Бензол	Спонтанные аборт, малый вес новорожденных, нарушения менструального цикла, атрофия яичников
Сероуглерод	Нарушения менструального цикла, нарушения сперматогенеза
Органические растворители	Врожденные пороки развития, рак у детей
Анестетики	Бесплодие, спонтанные аборт, низкий вес при рождении, опухоли у эмбриона

С 1995 г. в России начала внедряться методика оценки риска здоровью населения, обусловленного загрязнением окружающей среды, разработанная Агентством по охране окружающей среды США (USA EPA). В ряде городов (Пермь, Волгоград, Воронеж, Новгород Великий, Волгоград, Новокузнецк, Красноуральск, Ангарск, Нижний Тагил) при поддержке Агентства по международному развитию и Агентства по охране окружающей среды США были выполнены проекты по оценке и управлению риском здоровью населения, вызванного загрязнением воздуха и питьевой воды (Управление риском, 1999; Методология риска, 1997). Большая заслуга в проведении этих исследований, организации работ и внедрению научных результатов принадлежит выдающимся российским ученым Г.Г. Онищенко, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуевой, Ю.А. Рахманину, С.М. Новикову, А.В. Киселеву и др.

### 2.2.6. Показатели состояния здоровья населения России

Российская Федерация в современных её границах оказалась после развала Советского Союза в 1990 г., подготовленного и совершенного недалёковидными политическими деятелями Горбачевым М.С. и Ельциным Б.Н. в первую очередь. Таблица 2.18 даёт наглядное представление о динамике изменения численности населения России и границах Российской империи, в границах Советского Союза и в современных границах.



Численность наличного населения России  
(Российский..., 2000; Демографический, 1985)

Годы	Все население, млн. чел.	В т.ч. городское,	
		млн. чел.	в %
1897			
В границах Российской империи	128,2	20,1	16
В современных границах	67,5	9,9	15
1914 г			
В границах Российской империи	165,7	30,6	18
В современных границах	89,9	15,7	17
1917	91,0	15,5	17
1922	87,8		
1926	92,7	16,7	18
1939	108,4	36,3	33
1950	102,9	45,9	45
1959	117,5	61,6	52
1970	130,1	81,0	62
1975	134,7	91,1	68
1979	137,6	95,4	69
1985	143,8	104,1	72
1989	147,4	108,4	74
1990	148,0	109,2	74
1991	148,5	109,8	74
1992	148,7	109,7	74
1993	148,7	108,9	73
1994	148,4	108,5	73
1995	148,3	108,3	73
1996	148,0	108,1	73
1997	147,5	107,8	73
1998	147,1	107,5	73
1999	146,7	107,3	73
2000	145,9	106,5	73

Данные таблицы приведены:

1897 г. – по первой всеобщей переписи на 9 февраля;

1926 г. – по переписи на 17 декабря;

1939 и 1979 гг. – по переписи на 17 января;

1950, 1975 и 1985 гг. – оценка на 1 января следующего года;

1959 и 1970 гг. – по переписи на 15 января;

1989 г. – по переписи на 12 января;

остальные годы – оценка на 1 января соответствующего года.

Данные, приведённые в таблице, показывают, что после развала Советского Союза, начиная с 1992 г., численность населения России начала сокращаться. Воспроизводство населения или естественное движение населения определяется соотношением рождаемости и смертности. В табл. 2.19 представлены показатели естественного движения населения России с 1960 по 2000 г..

Коэффициенты естественного движения населения  
Российской Федерации на 1000 человек  
(Б.Б. Прохоров, 2003)

Год	Родившиеся	Умершие	Естественный прирост	Число умерших в возрасте до 1 года на 1000 родившихся живыми
1960	23,2	7,4	15,8	36,6
1970	14,6	8,7	5,9	23,0
1980	15,9	11,0	4,9	22,1
1985	16,6	11,3	5,3	20,7
1990	13,4	11,2	2,2	17,4
1991	12,1	11,4	0,7	17,8
1992	10,7	12,2	-1,5	18,0
1993	9,4	14,5	-5,1	19,9
1994	9,6	15,7	-6,1	18,6
1995	9,3	15,0	-5,7	18,1
1996	8,9	14,2	-5,3	17,4
2000	8,7	15,4	-6,7	15,3

Данные таблицы 2.19 неоспоримо подтверждают, что с 1990 г. [рождаемость](#) стала уменьшаться, а смертность увеличиваться. Уже с 1992 г. естественный прирост населения стал отрицательным, и началась убыль численности населения России. Как видим естественная убыль, начавшаяся в 1992 г. продолжает нарастать: если в 1992 г. она составляла -1,5, то в 2000 – уже составила -6,7 человека на 1 000 человек населения. Простой подсчёт показывает, что при численности россиян в 2000 г 145,9 миллиона людей, население России в этом году сократилось на 984 900 человека.

Для сравнения показателей рождаемости, смертности, естественного прироста населения и средней продолжительности жизни приводим демографические показатели для развитых, развивающихся стран, для всего мира и для России (табл. 2.20).

Рождаемость в развивающихся странах существенно выше, чем в развитых. На 1 000 жителей в развитых странах рождалось 13 детей, в развивающихся – 29 детей. Особо следует отметить общий показатель смертности.

Таблица 2.20

Демографические коэффициенты и средняя ожидаемая продолжительность жизни (СОПЖ) в 2000 г. (на 1000 человек)  
(Прохоров Б.Б., 2003)

Регион	Суммарная рождаемость	Общая рождаемость	Общая смертность	Естественный прирост населения	Младенческая смертность	СОПЖ, лет
Россия	1,2	8,7	15,4	-6,7	15,3	65,3
Весь мир	2,8	22	9	13	56	67
Развитые страны	1,5	13	10	3	9	77
Развивающиеся стра-	3,7	29	9	20	61	53

Из табл. 2.20 видно, что в среднем для всего мира, развитых и развивающихся стран по состоянию на 2000 г. показатель [смертности](#) близок к 9 и 10, кроме России, для которой он составил 15,4. Показатель младенческой смертности в России достаточно высок (15,3) по сравнению с развитыми странами (9), хотя и значительно меньше, чем в развивающихся странах.

Средняя ожидаемая продолжительность жизни (65,3 года) при рождении в России так же значительно ниже по сравнению с развитыми странами (77 лет) табл. 2.21.

Таблица 2.21

Ожидаемая продолжительность жизни  
различных групп населения России при рождении, лет  
(Прохоров Б.Б., 2003)

Год	Все население			Городское население			Сельское население		
	М+Ж	М	Ж	М+Ж	М	Ж	М+Ж	М	Ж
1989	69,57	64,21	74,47	69,89	64,75	74,49	68,45	62,60	74,19
1990	69,20	63,79	74,27	69,58	64,39	74,35	67,92	62,00	73,89
1991	69,01	63,46	74,27	69,39	64,06	74,33	67,73	61,70	73,87
1992	67,89	62,02	73,75	68,20	62,48	73,80	66,87	60,67	73,45
1993	65,14	58,91	71,88	65,42	59,25	71,97	64,28	57,94	71,51
1994	63,98	57,59	71,18	64,24	57,88	71,29	63,17	56,75	70,82
1995	64,64	58,27	71,70	64,84	58,48	71,76	64,06	57,70	71,50
1996	65,89	59,75	72,49	66,31	60,22	72,70	64,67	58,44	71,85
1997	66,64	60,75	72,89	67,19	61,43	73,10	65,10	58,94	72,29
1998	67,02	61,30	72,93	67,46	61,82	73,13	65,77	59,90	72,32
1999	65,93	59,93	72,38	66,39	60,41	72,65	64,62	58,63	71,55
2000	65,27	59,00	72,20	65,65	59,38	72,40	64,18	57,99	71,55

В настоящее время Россия существенно отстает по этому показателю от развитых стран. Известно, что в 2000 г. продолжительность жизни российских мужчин была на 15 – 17 лет ниже, чем у мужчин стран Запада. У женщин этот разрыв составлял 8–10 лет. Динамика изменения продолжительности жизни в России представлена в табл. 3.31. Таблица весьма наглядно показывает изменение продолжительности жизни, вызванные изменением социально-политической модели развития России. Принято считать, что с 1992 г. продолжительность жизни снижалась в результате социально-психологического стресса из-за кардинальной ломки привычных условий жизни.

В таблице 2.22 приведены возрастные коэффициенты смертности в России с 1990 по 2000 г. В России повышена детская смертность до 1 года, смертность мужчин после 55 лет и смертность женщин после 60 лет.

Таблица 2.22

Возрастные коэффициенты смертности в России в 1990–2000 гг.  
(Прохоров Б.Б., 2003)

Возраст, лет	Умершие на 1000 человек соответствующего пола								
	Мужчины и женщины			Мужчины			Женщины		
	1990	1995	2000	1990	1995	2000	1990	1995	2000
Все возраста	11,2	15,0	15,4	11,6	16,9	17,4	10,9	13,3	13,6
До 1 года	17,4	18,0	15,3	20,2	20,5	17,3	14,7	15,5	13,2
1-4	1,0	1Д	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	1,0	0,9
5-9	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4
10-14	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,3	0,4	0,3
15-19	1,1	1,6	1,5	1,6	2,4	2,2	0,6	0,9	0,8
20-24	1,7	2,7	3,1	2,6	4,3	5,0	0,7	1,0	1,2
25-29	2,1	3,4	3,7	3,3	5,4	6,0	0,8	1,3	1,4
30-34	2,7	4,6	4,4	4,3	7,4	7,0	1,1	1,8	1,8
35-39	3,6	6,3	5,7	5,6	10,0	9,1	1,6	2,5	2,4
40-44	5,0	8,9	7,9	7,6	14,1	12,6	2,4	3,9	3,4
45-49	7,6	12,3	11,1	11,7	19,3	17,7	3,8	5,8	5,1
50-54	10,3	17,1	15,4	16,1	27,3	24,4	5,4	8,5	7,9
55-59	15,2	21,4	21,1	23,4	34,0	33,7	8,6	11,5	11,5
60-64	22,0	29,7	27,9	34,2	47,1	45,0	13,5	17,3	15,9
65-69	29,6	39,2	39,0	46,6	61,3	60,4	22,0	26,0	25,7
70-74	45,7	51,3	54,6	67,7	77,9	81,5	37,1	41,1	41,0
75-79	71,6	78,2	76,0	100,2	109,1	103,7	62,3	68,0	66,9
80-84	114,4	123,2	120,1	146,4	155,5	145,8	105,9	114,6	112,7
85 и более	201,8	214,4	206,9	226,7	225,2	200,4	196,9	212,0	207,9

Интересно посмотреть на виды [заболеваемости](#) и их причины, и особенно на причины, обусловленные загрязнением окружающей среды.

В табл. 2.23 представлены данные Министерства по чрезвычайным ситуациям и Минздрава РФ о смертности населения за 2000 г.

Таблица 2.23

Причины преждевременной смерти для населения России в 2000 году  
(Касьяненко А.А., 2002)

Причина или место несчастного случая	Общее число смертей за 2000 год	Причина или место несчастного случая	Общее число смертей за 2000 год
Болезни кровообращения	1222711	Взрывы и пожары	460
Раковые опухоли	296858	Теракты	62
Самоубийства	56568	Авиакатастрофы	50
Убийства	40532	Водный транспорт	33
Автомобильный транспорт	39341	Сход снежных лавин и сели	26
Отравление алкоголем	33979	Аварии на железных дорогах	3
Туберкулез	29585	Сильные ветры	2
Утопление	15866	Общее число жертв	1736076

Как видим, наибольшее число смертей обусловлено болезнями органов кровообращения. Второе место по числу смертей принадлежит раковым заболеваниям. Довольно заметный вклад даёт также туберкулез.

По сравнению с другими странами мира и странами Европейского Союза в России смертность от рака значительно выше (табл. 2.24).

Таблица 2.24

Смертность от злокачественных новообразований населения различных стран мира (на 100 000 населения, мировой стандарт) в 1992–1995 г.  
(Резиш Б.А., 2001)

Страна	Все злокачественные новообразования		Рак легкого		Рак желудка		Рак молочной железы
	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Жен.
Россия	241,3	107,7	72,3	7,2	38,7	4,8	15,6
США	162,7	110,4	55,3	26,3	4,7	2,5	21,1
Финляндия	146,8	87,6	44,2	6,9	10,7	2,5	16,4
Польша	204,7	107,5	71,4	10,6	20,2	3,8	16,0
Канада	159,4	100,0	52,5	22,9	6,4	2,2	22,0
Норвегия	146,7	99,3	31,6	10,9	9,9	2,4	19,1
15 стран Европейского Союза	178,3	101,5	51,2	9,3	13,2	6,3	23,8

Заболеваемость раком желудка у мужчин и женщин и раком легкого у мужчин в России выше, чем в США, Канаде и Европе; раком легкого и молочной железы у женщин ниже (табл. 2.25).

Таблица 2.25

Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения различных стран мира (мировой стандарт)  
(Резиш Б.А., 2001)

Страна	Все злокачественные новообразования		В том числе:				
			Рак желудка		Рак легкого		Рак молочной железы
	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Жен.
Россия	270,5	168,4	40,0	16,7	75,1	7,8	33,5
Финляндия	261,4	218,6	16,6	9,6	50,3	8,3	70,1
Швеция	256,0	235,1	12,7	6,5	25,2	9,5	62,5
Великобритания	274,1	221,0	16,9	6,8	65,4	20,5	56,1
Германия	246,0	196,6	22,2	11,2	60,2	6,9	46,3
15 стран Европейского Союза	268,4	196,4	16,7	7,5	55,6	10,3	60,9
США, белые	330,4	277,0	8,0	3,5	64,3	29,9	89,2
Канада	318,1	253,4	12,4	5,4	68,5	23,9	71,1

В 1998 г. в России заболело злокачественными новообразованиями 440,7 тысяч человек, что на 43 % больше по сравнению с 1980 г. Первые места у мужчин в структуре заболеваемости раком занимает рак лёгкого (25,3 %), желудка (13,4 %), кожи (9,5 %); у женщин – рак молочной железы (18,9 %), кожи (14,4 %), желудка (9,7 %). Число умерших от рака в 1998 г. составило 293,2 тысяч человек. В структуре смертности у мужчин первые места занимают рак лёгкого (32 %) и желудка (16,0 %), у женщин – рак желудка (16,0 %) и молочной железы (15,1%) (Ревич Б.А., 2001)

Начиная с 1995 г., люди стали постепенно адаптироваться к новым условиям жизни, и СОПЖ стала медленно увеличиваться. Следующий социальный стресс произошёл в 1998 г. в результате экономического кризиса. Это событие также отразилось на продолжительности жизни (Прохоров Б.Б., 2003).

В табл. 2.26 представлены сведения о среднем уровне распространенности хронических форм детской патологии по России, а также на экологически неблагоприятных территориях. Приведенные данные свидетельствуют, что в зонах экологического неблагополучия особенно широко распространены, болезни уха-горла-носа, аллергические заболевания, болезни органов дыхания, вегетососудистая дистония, гастриты и гастродуодениты, врожденные пороки развития, отставание детей в умственном развитии (Вельтицев Ю., 1998).

Таблица 2.26

Распространённость хронических форм патологии в среднем по России и на её экологически неблагоприятных территориях (на 1000 детей) (Вельтицев Ю., 1998; Ревич Б.А., 2001)

Заболевания	Средний уровень по России (контроль)	Уровень в зонах экологического неблагополучия
Болезни ЛОР-органов, в том числе:		
1) хронические заболевания носа и придаточных пазух	21	31
2) хронический тонзиллит	116	239
3) хронический отит	6,9	9
Аллергические болезни	35	180
Пищевая аллергия у детей раннего возраста	70	400
Бронхиальная астма	9,7	24
Респираторные аллергии	48	122
Рецидивирующий бронхит	6,0	94
Вегетососудистая дистония	12	144
Гастрит, гастродуоденит	60	180
Нефропатии	33	187
Поражения центральной нервной системы, в том числе:		
1) энцефалопатии, ДЦП	30	50
2) коэффициент умственного развития (IQ) менее 70 (%)	30	138
Врождённые пороки развития	11	140

Однако далеко не во всех работах содержатся чёткие доказательства того, что эти изменения связаны с воздействием именно загрязненной окружающей среды. Значительное влияние на здоровье детей имеют и такие факторы, как питание, вредные привычки, бытовые условия, доход семьи и т. д. В работах последних лет показано, что частота дефицита витаминов в питании детей по ряду территорий достигает 30 – 90 %, а распространённость среди подростков курения и потребления алкоголя – 30 – 80%. Тем не менее, негативные изменения состояния здоровья десятков миллионов детей связаны с воздействием загрязнённой окружающей среды (Ревич Б.А., 2001).

## Контрольные вопросы и задачи к теме 2

1. Какие условия влияют на здоровье населения и в какой степени?
2. Поясните смысл биологического правдоподобия, географического правдоподобия.
3. Какие существуют временные зависимости между нарушениями здоровья и экологическими факторами воздействия?
4. Что такое сила воздействия и что такое специфичность?
5. Каковы цели санитарно-эпидемиологических исследований?
6. Каковы задачи комплексной санитарно-гигиенической оценки состояния объектов окружающей среды и в чём состоит методика её проведения?
7. Охарактеризуйте смысл ретроспективных исследований.
8. Дайте определение проспективным исследованиям.
9. В чём смысл поперечных исследований?
10. Что представляет собой продольный метод исследований?
11. Что представляет собой метод "случай – контроль"?
12. Как реализуется когортный метод исследования?
13. Какую пользу может принести анкетно-опросный метод?
14. Какие типы исследований применяются для решения различных задач (по табл. 3.14).
15. Какие ошибки встречаются при исследованиях и как их избежать?
16. Достоинства и недостатки различных источников информации о вредных химических веществах?
17. Что представляет собой система социально-гигиенического мониторинга и какие показатели она изучает?
18. Охарактеризуйте задачи социально-гигиенического мониторинга?
19. В чём состоят задачи установления причинно-следственных связей между воздействием вредных факторов и здоровьем населения?
20. Как вычисляется стандартная средняя ошибка и достоверность результатов?
21. Что такое коэффициент достоверности, доверительный интервал и доверительная вероятность и как они связаны между собой?
22. Напишите уравнение для распределения Гаусса и поясните, как изменяется характер кривой при изменении параметров  $\bar{x}$  и  $\sigma$ .
23. Нарисуйте зависимость распределения Гаусса и поясните взаимосвязь между коэффициентом достоверности и доверительным интервалом.
24. Как выбирают необходимое число наблюдений?
25. Для чего используют и как вычисляют стандартизованные показатели?
26. Что такое процентиль и когда её используют?
27. Что такое коэффициент корреляции и как его вычисляют?
28. Что представляет собой уравнение регрессии, и как находят его коэффициенты?
29. Что представляет собой уравнение множественной регрессии, и как определяют его показатели?
30. На территории "А" с повышенным загрязнением атмосферного воздуха в течение 1 года диагностировано заболевание бронхиальной астмой у 1 527 мужчин, при общей численности мужского населения 8 760 человек. На контрольной территории "В" расположенной в зелёной зоне число мужчин заболевших астмой в течение того же года составило 518, при численности мужского населения 7 780 человек. Определить суммарные показатели заболеваемости для территории "А" и зоны "В", оценить достоверность данных по каждой зоне и достоверность различия полученных показателей.

31. Вариационный ряд содержит 14 проб в порядке возрастания концентрации тяжелого металла:

0; 0; 0,12; 0,23; 0,32; 0,36; 0,44; 0,48; 0,55; 0,98; 1,07; 1,46; 1,63; 1,76.

Определить 95-ю перцентиль и её значение.

32. Проанализируйте и дайте характеристику факторов окружающей среды на различные заболевания (см. табл. 2.13).

33. К каким заболеваниям приводит воздействие стойких органических загрязнителей?

34. Перечислите наиболее известные болезни, появившиеся в XX в., воздействием каких веществ они были обусловлены и в чём проявлялись?

35. Какие вещества относят к доказанным канцерогенам и заболевания каких органов человека они вызывают?

36. Какие вещества вызывают нарушения репродуктивного здоровья?

37. Проанализировать и дать характеристику влияния факторов окружающей среды на различные виды патологий в соответствии с таблицей 2.14.

38. Охарактеризуйте динамику изменения численности населения на современной территории России в 19-м столетии и в последнее его десятилетие.

39. Дайте определение коэффициента естественного движения населения и охарактеризуйте динамику его изменения.

40. Сравните среднюю ожидаемую продолжительность жизни человека, родившегося в России с другими странами.

41. Существует ли разница в ожидаемой продолжительности жизни для различных групп населения?

42. Проанализируйте причины преждевременной смерти населения России и дайте объяснение.

43. Как выглядит Россия на фоне остального мира по показателям заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований?

44. Оцените распространённость хронических форм патологии в среднем по России и на её экологически неблагополучных территориях.

45. Пользуясь данными таблиц 3.28 и 3.29, вычислить, на сколько сократилась численность населения России, начиная с 1992 по 2000 год. Сопоставить полученные данные с потерями в гражданскую войну и в Великую отечественную войну. Обсудить причины и предложить пути решения проблемы сокращения численности населения России.

## **практическое занятие № 2**

### ***Тема: Расчёт риска для населения***

При обследовании местности вблизи деревни Бобриково компонентах окружающей среды были обнаружены химические вещества, перечень которых и концентрации приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Концентрации химических веществ, обнаруженных в анализах проб, взятых в окрестностях деревни Бобриково

Среда	Воздух		Почвы		Подземные воды	
	Средняя концентр. мг/м <sup>3</sup>	Максим. концентр. мг/м <sup>3</sup>	Средняя концентр. мг/кг	Максим. концентр. мг/кг	Средняя концентр. мг/дм <sup>3</sup>	Максим. концентр. мг/дм <sup>3</sup>
Хлороформ	$2,24 \times 10^{-12}$	$4,15 \times 10^{-12}$	2,24	4,10	$3,30 \times 10^{-4}$	$6,60 \times 10^{-3}$
Хлорбензол	$8,18 \times 10^{-8}$	$12,27 \times 10^{-8}$	4,17	8,40	$3,50 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-2}$
1,2-Дибромэтан	$1,45 \times 10^{-8}$	$2,65 \times 10^{-8}$	НО	НО	$2,10 \times 10^{-4}$	$2,10 \times 10^{-3}$
Бензидин	$5,20 \times 10^{-10}$	$9,60 \times 10^{-10}$	3,50	5,76	НО	НО
Цинеб	$7,15 \times 10^{-5}$	$15,7 \times 10^{-5}$	15,3	21,5	$5,1 \times 10^{-4}$	$9,20 \times 10^{-3}$
Аммоний	$5,5 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-3}$	–	–	–	–

Данные о токсичности веществ, указанных в табл. 2.1 возьмём из системы IRIS, см. табл.2.2.

Таблица 2.2

Токсические характеристики веществ, обнаруженных в анализах

Вещество	$RfD$ , оральн. мг/кг·день	$RfD$ , ингаляци-онный мг/кг·день	$SF$ , оральн. 1/мг/кг·день	$SF$ , ингаляци-онный 1/мг/кг·день	Класс опасности
Хлороформ	$1,00 \times 10^{-2}$	НА	$6,10 \times 10^{-3}$	$8,10 \times 10^{-2}$	B2
Хлорбензол	$2,00 \times 10^{-2}$	НА	НА	НА	-
1,2-Дибромэтан	НА	НА	85.0	77.0	B2
Бензидин	$3,0 \times 10^{-3}$	НА	230	230	A
Цинеб	$5,0 \times 10^{-2}$	НА	НА	НА	-
Аммоний	НА	$2,86 \cdot 10^{-2}$	-	-	-

## определение наиболее опасных токсикантов

Определить наиболее опасные вещества для каждой из сред по степени их токсичности. При решении этой задачи во внимание принимают максимальную концентрацию вещества в рассматриваемой среде.

Задача 2.1. Ранжировать не канцерогенные вещества по степени опасности для почв.

Для не канцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле:

$$S_i = C_{max} \times RfD,$$

где  $S_i$  - степень токсичности,  $C_{max}$  - максимальная концентрация,  $RfD$  - эталонная доза для хронического воздействия.

Данные представим в виде таблицы 2.3п.

Таблица 2.3

Ранжирование веществ по токсичности для почвы

Вещество	Максим. кон-центр. мг/кг	$RfD$ , оральн. мг/кг·день	Показатель токсичности	Ранг токсичности
Хлороформ	4,10	$1,00 \times 10^{-2}$	$4,10 \times 10^2$	4
Хлорбензол	8,40	$2,00 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^2$	3
1,2-Дибромэтан	НО	НА	–	–
Бензидин	5,76	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,92 \times 10^3$	1
Цинеб	21,5	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^2$	2
Аммоний	НО	–	–	–

Задача 2.2. Ранжировать канцерогенные вещества по степени опасности для почв. Данные представим в виде табл. 2.4.

Для канцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле:



$$S_t = C_{\max} \times SF,$$

где  $SF$  – показатель канцерогенности.

Задача 2.3. Ранжировать не канцерогенные вещества по степени опасности для подземных вод.

Задача 2.4. Ранжировать канцерогенные вещества по степени опасности для подземных вод, предположительно используемых для питья.

Таблица 2.4

Ранжирование канцерогенных веществ по токсичности для почвы

Вещество	Максим. кон-центр. мг/кг	$SF$ , оральная 1/мг/кг·день	Показатель токсичности	Ранг токсичности
Хлороформ	4,10	$6,10 \times 10^{-3}$	$2,501 \times 10^{-2}$	2
Хлорбензол	8,40	НА	НП	НП
1,2-Дибромэтан	НО	85,0	НО	НО
Бензидин	5,76	230	1324,8	1
Цинеб	21,5	НА	НП	НП
Аммоний	НО	–	–	–

Задача 2.5. Ранжировать канцерогенные вещества по степени опасности для воздуха.

## Термины и определения к главе 2

**Аддитивность** (additivity) – свойство, состоящее в том, что комбинированное действие двух или более веществ равно сумме их индивидуальных действий.

**Аллергия** (allergy) – повышенная или извращенная чувствительность организма к различным веществам, например: пыли, лекарствам, продуктам, фруктам и т.д.; бактериям; холоду, теплу, свету.

**Антропогенный объект** – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Антропогенный фоновый уровень** (anthropogenic background levels) – концентрация вредных веществ в окружающей среде, обусловленная деятельностью человека.

**Баланс экологический** (равновесие экологическое) – количественное и качественное соотношение естественных и изменённых человеком экологических компонентов и природных процессов, обеспечивающее длительное существование экосистем данного вида.

**Безопасные условия для человека** – состояние среды обитания, при котором отсутствует опасность вредного воздействия её факторов на человека (52-ФЗ, 1999).

**Биогеохимические эндемии** – заболевания растений, животных и человека, связанные с недостаточностью того или иного химического элемента в окружающей среде конкретного региона, в сравнении с его обычным средним содержанием (кларком). Биогеохимические эндемии имеют выраженную территориальную приуроченность, обусловленную неоднородностью химического состава структурных подразделений геологической среды.

**Благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Благоприятные условия жизнедеятельности человека** – состояние среды обитания, при котором отсутствует вредное воздействие её факторов на человека (безвредные условия) и имеются возможности для восстановления нарушенных функций организма человека (52-ФЗ, 1999).

**Болезни, связанные с работой** – болезни, по крайней мере, частично вызванные условиями работы (ЕС, 1998).

**Валовый внутренний продукт (ВВП)** – выраженный в долларах США с использованием официального курса валют, устанавливаемого Международным валютным фондом (International Monetary Fund).

**Валовый внутренний продукт (ВВП) на душу населения** (GDP per capita) в долларах США – ВВП, делённый на среднюю численность населения за рассматриваемый год.

**Вариационный ряд** – отдельные значения изучаемой совокупности, расположенные в порядке возрастания.

**Вероятность при рождении дожить до определённого возраста** (Probability at birth of surviving to a specified age) – вероятность при рождении дожития до определённого возраста с учётом показателей смертности.

**Вероятность при рождении не дожить до определённого возраста** (Probability at birth of not surviving to a specified age) – вычисляется как 1 минус вероятность дожития до определённого возраста для данной когорты.

**Возраст** – общая характеристика последовательных этапов развития, отражающая совокупность физиологических и психологических изменений индивида и личности. Для человека принята следующая возрастная периодизация: 1. Младенчество (от рождения до года): период новорожденности – от 1 до 10 суток; грудной возраст – от 10 суток до 1 года. 2. Детство (от 1 года до 12 лет): раннее детство – от 1 до 3 лет, первое детство – 4 – 7 лет, второе детство – 8 – 12 лет мальчики, 8 – 11 лет девочки. 3. Подростковый возраст: 13 – 16 лет мальчики, 12 – 15 лет девочки. 4. Юность: 17 – 21 год юноши, 16 – 20 лет девушки. 5. Зрелый возраст: первый период: 22 – 35 лет мужчины; 21 – 35 лет женщины; второй период: 36 – 60 лет мужчины, 36 – 65 лет женщины. Пожилой возраст: 61 – 74 мужчины, 66 – 74 женщины. 7. Старческий возраст: 75 – 90 лет. 8. Долгожители – 90 лет и выше.

**Вред окружающей среде** – негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов (7-ФЗ, 2002).

**Вредное воздействие на человека** – воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека либо угрозу жизни или здоровью будущих поколений (52-ФЗ, 1999).

**Вредное влияние** (Adverse effect) – Биохимическое изменение, функциональное поражение или патологическое поражение, которое отрицательно действует на организм или уменьшает его способности реагировать на дополнительные осложнения в окружающей среде и справляться с ними.

**Вредный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (№ 181-ФЗ, 1999).

**Врождённые отклонения** (Congenital abnormalities) – умственные или физические отклонения, болезни и т.д., существующие при рождении: могут быть наследственными или обусловлены каким-то влиянием во время беременности.

**Выборочная совокупность** – часть генеральной совокупности, отобранная специальным методом и предназначенная для характеристики генеральной совокупности.

**Выгода** – выгоду от деятельности или политики можно оценить по разности между общими коррективными затратами в ситуации до и после мероприятий плюс денежная стоимость других улучшений, которые могут быть связаны с данным проектом или политикой (ЕС, 1998).

**Высшее образование** (уровень 5 и 7 по ISCED) – относится к таким учебным заведениям как университеты, учительские колледжи и профессиональные высшие школы, требующие базовой подготовки второго или эквивалентного ему уровня знаний.

**Генеральная совокупность** – все единицы наблюдения, которые могут быть к ней отнесены в соответствии с целью исследования.

**Генотоксичный** (Genotoxic) – Химическое вещество, способное повредить ДНК или хромосомы.

**Гигиена** – раздел профилактической медицины, изучающий влияние внешней среды на здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни, разрабатывающий мероприятия,

направленные на предупреждение возникновения болезней и создание условий, обеспечивающих сохранение здоровья. Практическая область применения гигиены – санитария; социальная гигиена – наука о социальных проблемах медицины, о влиянии на здоровье различных факторов социальной среды (условий труда, быта, уровня культуры и т.д.), о социальных мероприятиях по охране и укреплению здоровья.

**Гигиенический норматив** – установленное исследованиями допустимое максимальное или минимальное количественное и (или) качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания с позиций его безопасности и (или) безвредности для человека (52-ФЗ, 1999).

**Государственный мониторинг окружающей среды** (государственный экологический мониторинг) – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации (7-ФЗ, 2002).

**Государственный санитарно-эпидемиологический надзор** – деятельность по предупреждению, обнаружению, пресечению нарушений законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в целях охраны здоровья населения и среды обитания (52-ФЗ, 1999).

**Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы** (далее – санитарные правила) – нормативные правовые акты, устанавливающие санитарно-эпидемиологические требования (в том числе критерии безопасности и (или) безвредности факторов среды обитания для человека, гигиенические и иные нормативы), несоблюдение которых создает угрозу жизни или здоровью человека, а также угрозу возникновения и распространения заболеваний (52-ФЗ, 1999).

**Демография** – научная дисциплина, изучающая закономерности и социальную обусловленность рождаемости, смертности, брачности и прекращения брака, воспроизводства супружеских пар и семей, воспроизводства населения в целом как единства этих процессов. Она исследует изменения возрастно-половой структуры, брачной и семейной структур населения, взаимосвязь демографических структур и процессов, а также закономерности изменения общей численности населения и семей как результата взаимодействия этих явлений. Между экологией человека и демографией существуют глубокие связи, т.к. обе эти дисциплины изучают население в близких аспектах. Среди базовых понятий демографии, имеющих ключевое значение для экологии человека, необходимо назвать рождаемость, смертность, естественное движение населения, продолжительность жизни, миграцию населения.

**Детская смертность** (Infant mortality rate) – вероятность смерти в период между рождением и возрастом точно 1 год, равная числу умерших на 1000 родившихся живыми.

**Доверительные границы** – границы средних и относительных величин, выход за пределы которых вследствие случайных колебаний имеет незначительную вероятность.

**Доверительный предел** (Confidence limit) – доверительный интервал есть диапазон значений, обладающий указанной вероятностью (например, 95 процентов) нахождения в нём данного параметра или характеристики. Доверительный предел относится к верхнему значению этого диапазона (например, верхний доверительный предел).

**Доза** (Dose) – количество вещества, полученного субъектом – человеком или животным.

**Долголетие** – достижение человеком возраста, значительно превышающего среднюю продолжительность жизни. В отечественной демографии долголетие исчисляют, начиная с возраста 80 лет (в отдельных странах с 75 лет) и старше. В основе долголетия лежит значительная выраженность приспособительных механизмов, обеспечивающих физиологическое старение. Процесс старения у долгожителей происходит медленнее. Возрастные изменения основных физиологических систем развивается плавно, состояние ряда систем организма сходно по многим параметрам с таковым у лиц более молодого возраста. Тип высшей нервной деятельности у долгожителей, как правило, сильный, уравновешенный. Они общительны, доброжелательны, проявляют интерес к происходящим событиям, устойчивы к стрессу, инфекционным болезням. До настоящего времени долголетие не имеет полного теоретического объяснения. Один из наиболее острых вопросов в проблеме долголетия – соотношение влияния наследственных и факторов среды на этот феномен.

**Дошкольное образование** (уровень 0 по ISCED) – обеспечивают такие образовательные учреждения как детские сады, ясли и детские школы, предназначенные для детей, которые не достигли возраста, необходимого для поступления в школу первого уровня.

**Единица наблюдения** – первичный элемент объекта исследования или каждый подлежащий учёту случай исследуемого явления. Например, отдельное заболевание; больной человек, обращение к врачу и т.п.

**Естественная экологическая система** – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые её элементы взаимодействуют, как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией (7-ФЗ, 2002).

**Заболеваемость** – заболевание с впервые установленным диагнозом (в текущем или анализируемом году) в расчёте на 1000 (10 000, 100 000) населения соответствующего возраста на определённой территории.

**Заболевание профессиональное** – болезнь, возникающая исключительно или главным образом в результате неблагоприятных условий труда и профессиональных вредностей. Заболевания профессиональные включают широкий спектр заболеваний – плоскостопие, варикозное расширение вен, артриты, бурситы, близорукость, заболевания голосовых связок, тепловой удар, отравление промышленными ядами, пневмокоциоз, вибрационная болезнь, лучевая болезнь, тугоухость, декомпрессионные болезни, сибирская язва, сап и др. Возможны профессиональные заболевания, связанные со стрессовыми перегрузками, в том числе с умственным перенапряжением – неврастения, бессонница и др.

**Загрязнение биологическое** – проникновение случайное (или благодаря деятельности человека) в экосистемы или технические устройства видов животных, в том числе микроорганизмов, и растений, чуждых данным сообществам и устройствам; – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов.

**Загрязнение биотическое** – распространение определённых, как правило, нежелательных с точки зрения людей биогенных веществ (выделений мертвых тел и т.п.) на территории, где они ранее не наблюдались.

**Загрязнение вторичное** – образование (синтез) опасных загрязнителей в ходе химических процессов, протекающих в окружающей среде.

**Загрязнение естественное** – загрязнение, возникающее в результате природных процессов, вне всякого влияния человека на эти процессы.

**Загрязнение катастрофическое** – естественное (например, выброс пепла вулкана) или антропогенное загрязнение, приводящее к крайне неблагоприятным последствиям в какой-то сфере хозяйства, ухудшающее здоровье человека или состояние окружающей среды.

**Загрязнение окружающей среды** – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду (7-ФЗ, 2002).

**Загрязнение радиоактивное** – форма физического загрязнения, связанного с превышением естественного уровня радиоактивных веществ в окружающей среде.

**Загрязняющее вещество** – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду (7-ФЗ, 2002).

**Затраты** – денежная величина использованных ресурсов. Затраты на предупреждение – использование ресурсов для превентивных действий и коррективные затраты для описания последствий несчастных случаев и частоты болезней (ЕС, 1998).

**Затраты на болезнь** – метод сложения затрат, связанных с болезнью или недомоганием. Этот анализ описывает количественно масштаб проблемы, тогда как для выбора между решениями следует использовать другие методы. Он может учитывать финансовые и социально-экономические затраты. В этой

методологии "затраты" – использованные ресурсы, которые можно связать со специфическим исходом для здоровья (ЕС, 1998).

**Затраты финансовые** – расходы в денежных единицах на одного экономического агента, т. е. на предприятие, на человека или общественный сектор. Затраты финансовые, в отличие от социальных, включают трансферты между агентами (ЕС, 1998).

**Затраты человеческие** – термин используют в социально-экономических расчётах для описания величины качества жизни, что включает физическое и душевное здоровье. Для описания этого же феномена могут использовать термины "горе и страдания" или "предстоящая здоровая жизнь". Их можно количественно оценить методами готовности платить (ЕС, 1998).

**Здоровье** – состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов (Преамбула Устава ВОЗ). Здоровье – динамический процесс, в большой степени, зависящий от индивидуальной способности адаптироваться к среде; быть здоровым означает сохранять интеллектуальную и социальную активность, несмотря на нарушения или недостатки (ЕРБ ВОЗ, 1978).

**Здоровье индивидуальное** – здоровье каждого отдельно взятого человека.

**Здоровье населения** (общественное здоровье, популяционное здоровье) – основной признак, основное свойство человеческой общности, её естественное состояние, отражающее, индивидуальные приспособительные реакции каждого сочлена общности людей и способность всей общности в конкретных условиях осуществлять свои социальные и биологические функции. Качество здоровья населения отражает вероятность для каждого человека достижения максимального уровня здоровья и творческой работоспособности на протяжении максимально продленной индивидуальной жизни, а также характеризует жизнеспособность всего общества как социального организма и его возможности непрерывного гармоничного роста и социально-экономического развития. Качество здоровья населения измеряется с помощью ряда показателей: средней ожидаемой продолжительности жизни, стандартизованных показателей смертности, младенческой смертности, материнской смертности, заболеваемости, госпитализации, временной нетрудоспособности, инвалидности и т.д. ВОЗ предлагает определять уровень здоровья людей, которые на момент медицинского осмотра достигли международно-признанного возрастного рубежа: 1 год, 15 лет, 45 лет, 65 лет.

**Индекс бедности** (Human poverty index (HPI-1) for developing countries) – комплексный показатель, характеризующий отставание в трёх основных областях – продолжительности жизни, уровне образования и достигнутом уровне жизни.

**Индекс образования** (education index) – Один из трёх индексов, по которым рассчитывается индекс общественного развития. Он оценивает грамотность взрослого населения и представляет собой показатель, рассчитываемый по уровням начального, среднего и высшего образования.

**Индекс общественного развития** (Human development index (HDI)) – комплексный показатель, характеризующий достижения в трёх основных областях – продолжительности жизни, уровне образования и достигнутом уровне жизни.

**Индекс продолжительности жизни** (Life expectancy index) – один из трёх базовых индексов, который используется при вычислении индекса общественного развития (см. текст пособия).

**Индикаторные экологически обусловленные болезни** – заболевания соматического и другого характера среди населения конкретной территории, частота которых за определённый период времени достоверно выше предшествующего за 5-10 лет наблюдений, а причина роста их предположительно может быть отнесена к действию известных местных (региональных) вредных факторов среды обитания.

**Инвалид** – лицо, имеющее нарушение здоровья со стойким расстройством функций организма, обусловленное заболеваниями, последствиями травм или дефектами, приводящее к ограничению жизнедеятельности и вызывающее необходимость его социальной защиты (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Интенсивный показатель** – (показатель частоты, уровня, распространенности) – относительная величина, которая указывает частоту явления в среде, которая его продуцирует. Например, заболеваемость, рождаемость, смертность и т. д.

**Инфекционные заболевания** – инфекционные заболевания человека, возникновение и распространение которых обусловлено воздействием на человека биологических факторов среды обитания (возбудителей инфекционных заболеваний) и возможностью передачи болезни от заболевшего человека, животного к здоровому человеку (52-ФЗ, 1999).

**Инфекционные заболевания, представляющие опасность для окружающих**, – инфекционные заболевания человека, характеризующиеся тяжёлым течением, высоким уровнем смертности и инвалидности, быстрым распространением среди населения (эпидемия) (52-ФЗ, 1999).

**ИСИР** – интегрированная система информации о риске. Система содержащая данные о токсических и канцерогенных свойствах элементов и химических веществ. Адрес в Интернете: <http://www.epa.gov/iris/index.html>. (IRIS – Integrated Risk Information System).

**Канцероген** (Carcinogen) – вещество или физический агент способные вызвать раковое заболевание. Большинство канцерогенов имеют антропогенное происхождение.

**Канцерогенез** (Carcinogenesis) – Зарождение или развитие рака. Онкологическое явление, при котором за счёт геномных поражений клеток они начинают интенсивно размножаться.

**Качество жизни** – понятие, характеризующее качественную сторону удовлетворения материальных и культурных потребностей людей. Качество жизни можно рассматривать как комплексную характеристику экономических, политических социальных и идеологических факторов, определяющих положение человека в обществе (с особым вниманием к духовной жизни человека). При оценке качества жизни человека учитывается совокупность условий, обеспечивающих (или не обеспечивающих) комплекс условий жизнедеятельности населения и его здоровья, т.е. соответствия среды жизни человека его потребностям, отражаемое рядом параметров (социально-экономическими: обеспеченность жильем, бытовым и медицинским обслуживанием, учреждениями образования и т.д.; медико-демографическими: продолжительность жизни, уровень заболеваемости, соблюдения прав человека и т.д.). Качество жизни включает также такие факторы, как уровень демократизации, состояние здоровья населения, уровень доходов, возможности образования, степень социальной защищённости и др. ООН для оценки качества жизни использует индекс общественного развития.

**Качество окружающей среды** – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью (7-ФЗ, 2002).

**Квалификация** – уровень подготовленности, мастерства, степень годности к выполнению труда по определённой специальности или должности, определяемый разрядом, классом, званием и другими квалификационными категориями (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Когорта** – статистическая совокупность, которая состоит из относительно однородных элементов, объединённых наступлением определённых признаков и прослеженных за один и тот же интервал времени.

**Когортное исследование** (Cohort study) – Эпидемиологическое исследование, при котором наблюдения ведутся за объектами в группах с разным уровнем воздействия и проводится сравнение частотности симптомов. Будучи по своей природе проспективным, такое исследование может проводиться и ретроспективно с использованием данных истории.

**Контроль в области охраны окружающей среды** (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Контрольная группа** (Control group) – Группа субъектов, наблюдаемая вне воздействия вещества, или в случае контрольных исследований, при отсутствии вредных последствий.

**Контрольный уровень** – это уровень показателей загрязнения окружающей среды и изменений здоровья населения, наблюдаемые в течение длительного периода (5-10 лет) на специально

выбранной территории (территории с равными прочими условиями жизни – природно-климатическими, социально-экономическими и т.д., но отличающаяся отсутствием искомых вредных факторов, т. е. экологически благополучная территория).

**Концентрация предельно допустимая (ПДК)** – норматив – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определённый промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями или органами.

**Корригированная обращаемость** – сумма зарегистрированных и первично выявленных при осмотре заболеваний.

**Корреляционная связь** – связь между явлениями, при которой изменение какого-либо признака, главным образом, но не исключительно, связано с изменением другого признака; значение каждой средней величины одного признака соответствует нескольким значениям другого взаимосвязанного с ним признака.

**Коэффициент корреляции ( $r_{xy}$ )** – одним числом измеряет силу связи между изучаемыми явлениями (лежит в пределах от 0 до  $\pm 1$ ) и даёт представление о её направлении (прямая, обратная).

**Коэффициент неопределённости (Uncertainty factor)** – Коэффициент, используемый при определении данных для человеческой популяции по экспериментальным данным на животных. Коэффициенты неопределённости учитывают: 1 – различия в чувствительности среди членов популяции; 2 – неопределённость в экстраполяции данных экспериментов на животных к людям; 3 – неопределённость в экстраполяции данных, полученных при исследованиях, проводившихся во времени, меньшем жизненного цикла; 4 – неопределённость, связанная с применением в качестве критерия *Уровня отсутствия наблюдаемого вредного эффекта, а не Нижнего уровня наблюдаемого вредного эффекта*. Коэффициенты неопределённости обычно принимают равными 10.

**Кризис экологический** – напряжённое состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производственных отношений в человеческом обществе ресурсно-экологическим возможностям биосферы.

**Критерий экологический** – признак, на основании которого проводится оценка или классификация экологических систем, процессов и явлений.

**Массовые неинфекционные заболевания (отравления)** – заболевания человека, возникновение которых обусловлено воздействием физических, и (или) химических, и (или) социальных факторов среды обитания (52-ФЗ, 1999).

**Медиана ( $M_e$ )** – величина признаков, занимающая срединное положение в вариационном ряду.

**Медицина труда.** МОТ и ВОЗ имеют общее определение медицины труда, которое было принято Объединённым комитетом МОТ/ВОЗ по медицине труда на его 1-й сессии (1950 г.) и пересмотрено на 12-й сессии (1995 г.). Медицина труда имеет целью: укрепление и сохранение наивысшей степени физического, душевного и социального благополучия рабочих во всех профессиях: предупреждение у рабочих отклонений от здоровья, вызванных их рабочими условиями; защиту рабочих в их занятости от рисков, обусловленных факторами, неблагоприятными для здоровья; размещение и сохранение рабочих в производственной среде, приспособленной к их физиологическим и психологическим способностям, и в итоге – адаптацию работы к рабочим и каждого рабочего к его или её труду. В медицине труда главными являются три разные цели: а) сохранение и укрепление здоровья и работоспособности рабочих: б) улучшение рабочей среды и работы, с тем, чтобы они благоприятствовали безопасности и здоровью, и в) создание организации работ и культуры производства в направлении поддержки здоровья и безопасности на работе, создавая при этом положительный социальный климат и слаженную работу, которые могут улучшить производительность предприятия. Концепция культуры производства в этом контексте отражает систему основных ценностей, принятую на данном предприятии. Такая культура выражается в практике системы управления, кадровой политике, принципах участия, методах обучения и управления качеством на данном предприятии (МОТ, 1998). Медицины труда обеспечение относится к заботе о здоровье рабочих.

Оно включает профилактику, укрепление здоровья, лечение, оказание первой помощи, реабилитацию и компенсацию при необходимости, а также меры для скорого восстановления и возвращения к работе (МОТ, 1998).

**Мода** ( $M_o$ ) – величина признака, которая чаще других встречается в данной совокупности.

**Мониторинг окружающей среды** (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов (7-ФЗ, 2002).

**Нагрузка антропогенная** – степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйственной деятельности на природу в целом или на её отдельные экологические компоненты (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т.д.)

**Нарушение здоровья** – физическое, душевное или социальное неблагополучие, связанное с потерей, аномалией, расстройством психологической, физиологической, анатомической структуры и (или) функции организма человека (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Население** – совокупность людей как социально-биологических существ, живущих на определённой территории (деревня, город, административный район, географическая область, отдельная страна или весь земной шар). Для обозначения населения крупных стран и всего мира часто употребляется термин “народонаселение”. Понятие население предполагает его устойчивость, которая достигается в процессе естественного воспроизводства, путём рождения новых поколений. Изучением этого процесса занимается демография. Население составляет естественную базу всех видов социальных общностей людей, поэтому характеристики населения и происходящие с ним процессы подробно рассматриваются в экологии человека.

**Начальное образование** (уровень 1 по ISCED) – обеспечивает базовые элементы образования в таких образовательных учреждениях как начальные и средние школы.

**Неблагоприятное воздействие** (adverse effect) – изменение морфологии, физиологии, роста, развития или продолжительности жизни организма, имеющее результатом нарушение способности компенсировать дополнительный стресс, или повышение чувствительности к другим влияниям окружающей среды.

**Негативное воздействие на окружающую среду** – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Несчастный случай на производстве** – событие, в результате которого застрахованный получил увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях, как на территории страхователя, так и за её пределами либо во время следования к месту работы или возвращения с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть (125-ФЗ, 1998).

**Нормативы в области охраны окружающей среды** (далее также природоохранные нормативы) – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на неё, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы качества окружающей среды** – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда (7-ФЗ, 2002).

**Общая заболеваемость** (синоним: распространённость, болезненность) – совокупность всех имеющихся среди населения заболеваний, впервые выявленных в данном году и зарегистрированных в предыдущие годы, по поводу которых больные вновь обратились в данном году, на 1000 человек населения.



**Общая накопленная заболеваемость** – число заболеваний, зарегистрированных в течение последнего года, дополненное случаями хронических заболеваний, зарегистрированных в предыдущие 2 года и по поводу которых не было обращения в данном году, на 1000 человек населения.

**Объект наблюдения** – статистическая совокупность, состоящая из отдельных элементов или явлений (единиц наблюдения).

**Ограничение жизнедеятельности** – отклонение от нормы деятельности человека вследствие нарушения здоровья, которое характеризуется ограничением способности осуществлять самообслуживание, передвижение, ориентацию, общение, контроль над своим поведением, обучение и трудовую деятельность (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Ограничительные мероприятия (карантин)** – административные, медико-санитарные, ветеринарные и иные меры, направленные на предотвращение распространения инфекционных заболеваний и предусматривающие особый режим хозяйственной и иной деятельности, ограничение передвижения населения, транспортных средств, грузов, товаров и животных (52-ФЗ, 1999).

**Окружающая концентрация (Ambient concentration)** – количество химиката или химикатов на территории вокруг места, о котором идёт речь; применяется ко всем средам, например, окружающая концентрация воздуха или окружающая концентрация воды.

**Окружающая среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Опасность** – присущее свойство или способность чего-либо (например, рабочих материалов, оборудования, методов и приёмов работы) с потенциалом причинения вреда (ЕС, 1996).

**Опасность (hazard)** – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: опасное вещество, опасный агент, опасный источник энергии или опасная ситуация, обладающие этим свойством

**Опасный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме (181-ФЗ, 1999).

**Острое воздействие (Acute exposure)** – Одна доза или несколько доз, полученных за короткое время, обычно менее, чем за 24 часа.

**Охрана окружающей среды** – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию её последствий (далее также - природоохранная деятельность) (7-ФЗ, 2002).

**Охрана труда** – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (181-ФЗ, 1999).

**Оценка воздействия на окружающую среду** – вид деятельности по выявлению, анализу и учёту прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления (7-ФЗ, 2002).

**Оценка воздействия на человека (Human exposure evaluation)** – составляющая оценки риска, включающая описание особенностей и численности населения, подвергающегося воздействию вещества, а также величины и длительности воздействия. Оценка может включать прошлые, текущие и ожидаемые воздействия.

**Ошибка репрезентативности (m)** – определяет, насколько результаты, полученные при выборочном наблюдении, отличаются от результатов, которые могут быть получены при проведении сплошного исследования всех без исключения элементов генеральной совокупности.

**Патологическая пораженность** – частота патологии среди населения, которая устанавливается при медицинских осмотрах и учитывает не только заболевания, но и преморбидные состояния, на 1000 человек населения.

**Первичная заболеваемость** (синоним: собственно заболеваемость) – совокупность новых, нигде ранее не учтённых и впервые в данном году выявленных заболеваний среди населения, на 1000 человек населения.

**Показатель грамотности (взрослые)** – процент людей достигших 15 лет и старше, которые могут с пониманием как читать, так и писать короткие, простые рассказы об их повседневной жизни.

**Показатель грамотности (молодежь)** – процент людей в возрасте от 15 до 24 лет, которые могут с пониманием как читать, так и писать короткие, простые рассказы об их повседневной жизни.

**Показатель материнской смертности** (Maternal mortality ratio) – число женщин, умерших за год за счёт осложнения родов на 100000 детей, родившихся живыми.

**Показатель соотношения** – относительная величина, характеризующая отношение между двумя самостоятельными совокупностями, которые не связаны между собой и не продуцируют одна другую. Например, обеспеченность населения врачами, медсестрами и т. п.

**Потребление электроэнергии на душу населения** (Electricity consumption per capita) – представляет электроэнергию, в пересчете на душу населения, которая включает расходы самого населения, а также потребление вспомогательными станциями и потери в трансформаторах, которые рассматриваются как составная часть станций. Включает также электроэнергию, произведенную перекачивающими электростанциями без электроэнергии, затраченной на перекачку.

**Профессиональные болезни** – болезни рабочих, о которых известно (или презюмируется), что они обусловлены неблагоприятными условиями работы. Их официально признают власти или схемы страхования, в отличие от болезней, связанных с работой (ЕС, 1998).

**Профессиональное заболевание** – хроническое или острое заболевание, являющееся результатом воздействия вредного производственного фактора и повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности (125-ФЗ, 1998).

**Профессиональный риск** – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (125-ФЗ, 1998).

**Профессиональная трудоспособность** – способность человека к выполнению работы определённой квалификации, объёма и качества (125-ФЗ, 1998).

**Профессия** – род трудовой деятельности, занятий человека, владеющего комплексом специальных знаний, умений и навыков, полученных путём образования, обучения. Основной профессией следует считать выполняемую работу наиболее высокой квалификации или работу, выполняемую более длительное время (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Работник** – физическое лицо, которое постоянно или временно работает непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

**Рабочее место** – место, на котором работник должен находиться или на которое ему необходимо прибыть, в связи с его работой, и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя (181-ФЗ, 1999).

**Распространённость** – все случаи заболеваний населения независимо от времени регистрации, так называемая “общая заболеваемость” по статистическим отчётным формам, рассчитанная также на 1000 (10 000, 100 000) населения соответствующего возраста.

**Региональный уровень** – уровень загрязнения окружающей среды и изменений здоровья, характерный для определённого (5-10 лет) периода сравнения на территории области, края, республики (т. е. региона) с имеющимися общими для многих населённых пунктов природно-климатическими, а возможно, и социально-экономическими условиями.

**Репродуктивная токсичность** (Reproductive toxicity) – Вредные последствия для оплодотворения, беременности или плода, обусловленные воздействием токсиканта на одного из родителей.

**Рождаемость** (коэффициент) – характеризует частоту рождений за год на 1000 человек населения, проживающего на конкретной территории.

**Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения** – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности (52-ФЗ, 1999).

**Санитарно-эпидемиологическое заключение** – документ, удостоверяющий соответствие (несоответствие) санитарным правилам факторов среды обитания, хозяйственной и иной деятельности, продукции, работ и услуг, а также проектов нормативных актов, проектов строительства объектов, эксплуатационной документации (52-ФЗ, 1999).

**Санитарно-эпидемиологическая обстановка** – состояние здоровья населения и среды обитания на определённой территории в конкретно указанное время (52-ФЗ, 1999).

**Санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия** – организационные, административные, инженерно-технические, медико-санитарные, ветеринарные и иные меры, направленные на устранение или уменьшение вредного воздействия на человека факторов среды обитания, предотвращение возникновения и распространения инфекционных заболеваний и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений) и их ликвидацию (52-ФЗ, 1999).

**Синергизм** (Synergism) – Фармакологическое или токсикологическое взаимодействие, при котором сочетанный эффект двух или более химикатов сильнее, чем сумма эффектов от каждого отдельного вещества.

**Скрытый период** (Latency period) – период времени между возникновением влияния на здоровье и проявлением (или обнаружением) последствий этого влияния; примерно оценивается как время от первого воздействия до обнаружения эффекта.

**Случай воздействия** (Exposur event) – Случай контакта с химическим или физическим агентом.

**Смерть** – прекращение жизни, переход организма в царство неорганической природы. Необратимое прекращение жизнедеятельности организма, неизбежная заключительная стадия его существования.

**Смертельная доза 50** (Letal dose 50) – доза химического вещества, при которой погибают 50% экспериментальных животных.

**Смертность** (показатель) – характеризует частоту смертных случаев за год на 1000 человек населения, проживающего на данной территории.

**Социально-гигиенический мониторинг** – государственная система наблюдений за состоянием здоровья населения и среды обитания, их анализа, оценки и прогноза, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания (52-ФЗ, 1999).

**Социальная защита** – система гарантированных государством постоянных и (или) долговременных экономических, социальных и правовых мер, обеспечивающих инвалидам условия для преодоления, замещения (компенсации) ограничений жизнедеятельности, направленных на создание им равных с другими гражданами возможностей участия в жизни общества (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Социальная недостаточность** – социальные последствия нарушения здоровья, приводящие к ограничению жизнедеятельности человека и необходимости его социальной защиты или помощи (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Социальная помощь** – периодические и (или) регулярные мероприятия, способствующие устранению или уменьшению социальной недостаточности (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Социально-экономические затраты** – в рамках стоимости болезни общие потери благосостояния, являющиеся нежелательными последствиями экономических процессов. Они могут

включать затраты здравоохранения, возможные потери продукции на рынке труда или в домашнем производстве и человеческие затраты. Если их можно избежать, то их можно также использовать для количественной оценки выгоды при анализе затраты – выгода (ЕС. 1998).

**Среда обитания человека** (далее – среда обитания) – совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека (52-ФЗ, 1999).

**Специальность** – вид профессиональной деятельности, усовершенствованной путём специальной подготовки; определённая область труда, знания (МЗ РФ и МТ РФ, 1997).

**Специфическое экологически обусловленное заболевание** – наблюдаемое среди населения конкретной территории заболевание, доказанно связанное с воздействием вредного фактора среды обитания (химического вещества, физического фактора) и проявляющееся характерными для действия этого причинного фактора симптомами и синдромами.

**Среда** – вещество и (или) пространство, окружающее рассматриваемый объект; – природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях; – совокупность физических (природных), природно-антропогенных (культурных ландшафтов и населенных мест) и социальных факторов жизни человека; – совокупность явлений, процессов и условий, оказывающих влияние на изучаемый объект. Отличается свойствами самоподдержания и саморегуляции без корректирующего воздействия человека.

**Среда обитания** – та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует. Компоненты среды и её свойства многообразны и изменчивы. Жизнедеятельность живых организмов протекает при условии постоянного приспособления к изменяющейся среде обитания.

**Среда социальная** – совокупность материальных, экономических, социальных, политических и духовных условий существования, формирования и деятельности индивидов и социальных групп. Различают: макросреду – социально-экономическую систему в целом и микросреду – непосредственное социальное окружение; – часть окружающей среды, состоящая из взаимодействующих индивидов, групп, институтов, культур и т.д.

**Среднее квадратическое отклонение** ( $\delta$ ) – величина, которая показывает изменчивость (разбросанность) вариационного ряда.

**Средняя арифметическая величина** ( $M$ ) – определяется как сумма всех величин, входящих в данную совокупность, делённая на их число.

**Средняя величина** – число, выражающее общую меру исследуемого признака в совокупности. Общеупотребительными являются три вида средних величин: мода, медиана, средняя арифметическая.

**Среднее образование** (уровень 2 и 3 по ISCED) – базируется, по крайней мере, на 4-х годичном начальном образовании первого уровня и обеспечивает общую или специальную подготовку или и то и другое в таких образовательных учреждениях как средние школы, вторичные школы, высшие школы, школы по подготовке учителей, профессиональные и технические школы.

**Стандартизованные показатели** – условные показатели, которые рассчитываются с помощью статистического метода, позволяющего исключить влияние неодинакового состава сравниваемых совокупностей.

**Стандартизованный показатель смертности** (Standardized mortality ratio) – количество смертей в группе с известной стандартной численностью (1000, 10000 и т.д. особей), вычисленное по закону пропорции по количеству фактических смертей в группе с произвольной численностью.

**Статистическая совокупность** – группа, состоящая из большого числа относительно однородных элементов (единиц наблюдения), взятых вместе в известных границах времени и пространства.

**Структура заболеваемости** – это доля различных форм (групп) болезней в составе всех заболеваний.

**Субхроническое воздействие** (Sub chronic exposure) – многократное или непрерывное воздействие, обычно происходящее в течение трёх месяцев.

**Субхроническое исследование** (Sub chronic study) – исследование токсичности с целью установления последствий после субхронического воздействия химиката.

**Техногенез** – процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Заключается в преобразовании биосферы, вызываемой совокупностью геохимических процессов, связанных с технической деятельностью людей по извлечению из природной среды необходимых ресурсов, по перегруппировке химических элементов, их минеральных и органических соединений.

**Токсин** (Toxin) – вещество естественного происхождения (растительного или животного), способное вызывать токсический эффект.

**Токсикант** (Toxicant) – вещество, вызывающее токсический эффект.

**Токсиканты** – химические вещества, ядовитые для живых организмов.

**Токсикология** (Toxicology) – наука, изучающая природу и механизмы токсического действия веществ на живые организмы и другие биологические системы.

**Требования в области охраны окружающей среды** (далее также природоохранные требования) – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Уровень жизни** – система количественных и качественных показателей общего потребления населением природных, материальных и духовных благ и степени развития общественного производства и производственных отношений. Уровень жизни отражает благосостояние населения, благополучие отдельного человека и общества в целом. Для оценки уровня жизни используются такие показатели, как: объем доходов на душу населения, уровень и структура потребления продовольствия, товаров и услуг, уровень и динамика цен на основные предметы потребления, потребление энергии на душу населения, доступность источников водоснабжения, размер квартплаты, коммунальных платежей, налоговых выплат, продолжительность рабочего времени, возможность пользоваться общественными благами, уровень образования и медицинского обслуживания, средняя продолжительность жизни и др.

**Уровень образования** (education levels) – классифицируется как дошкольный (pre-primary), начальный (secondary), и высший (terciary) в соответствии с Международным стандартом классификации образования (International Standard classification of Education – ISCED).

**Фактор** – движущая сила процессов или условие, влияющее на них, существенное обстоятельство в каком-либо процессе, явлении.

**Фактор антропогенный** – Ф., косвенно обязанный своим происхождением деятельности человека.

**Фактор летальный** – любой Ф., приводящий живое к гибели (мороз, жара, наводнение и т.п.).

**Фактор природный** – любой Ф., действующий вне и помимо участия человека (не антропогенный).

**Фактор экологический** – любое условие среды, на которое живое реагирует приспособительными реакциями. Экологические факторы принято делить на абиотические, биотические и антропогенные.

**Фактор экстремальный** – любой Ф., сила воздействия которого превышает приспособительные реакции живой системы, но не настолько, чтобы произошло мгновенное её разрушение. Наличие Ф.э. создает экстремальные условия существования.

**Условия труда** – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника (№ 181-ФЗ, 1999).

**Факторы среды обитания** – биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные и иные), химические, физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения), социальные (питание, водоснабжение, условия быта, труда и отдыха) и иные факторы, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений (52-ФЗ, 1999).

**Фоновый уровень** – “исходный” уровень состояния окружающей среды и здоровья населения, характерный для данной территории (населенного пункта), наблюдаемый в течение последних 5-10 лет до периода, связанного с началом проведения оценки ситуации или с учётом регистрации какого-либо события, ответственного за воздействие на людей экологически вредных факторов (например, ввод в эксплуатацию промышленно-хозяйственного объекта, который по технологическим параметрам может быть потенциальным или реальным источником техногенного воздействия на среду обитания и здоровье населения).

**Хроническое воздействие** (Chronic exposure) – Многократные воздействия, происходившие в течение длительного времени или на протяжении значительной части жизни человека или животного.

**Частота необращаемости** к врачам в течение года (по поводу хронической патологии) – разница показателей общей накопленной общей заболеваемости.

**Экологическая безопасность** – состояние защищённости природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий (7-ФЗ, 2002).

**Экологически обусловленные болезни** – болезни и патологические состояния, развившиеся среди населения конкретной территории под воздействием на людей вредных факторов среды обитания в виде “неспецифической” и “специфической” патологии.

**Экологический кризис** – критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека; – нарушение равновесия между обществом и природой, проявляющееся в деградации окружающей среды, с одной стороны, и неспособности государственных управленческих структур, правоохранительных органов восстановить это равновесие, с другой стороны.

**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 (7-ФЗ, 2002).

**Экстенсивный показатель** (показатель структуры распространенности) – относительная величина, указывающая на распределение целого на его составляющие основные части. Например: удельный вес отдельных нозологических форм в общем числе зарегистрированных заболеваний.

**Ядохимикаты** – химические вещества, применяемые для уничтожения нежелательных организмов. Синоним термина “пестициды”.

**Яды** – экзогенные или эндогенные, химически или физико-химически действующие вещества, чуждые для всего организма или отдельного органа. Проявление действия ядов связано с их концентрацией в организме. Многие вещества, не оказывающие токсического действия в обычных условиях, при известных обстоятельствах или путях введения в организм могут оказаться вредными для последнего. Например, известно токсическое действие кислорода и азота при высоком атмосферном давлении.

## Литература

*Авалиани С.Л.* Теоретические и методические основы гигиенической оценки реальной нагрузки воздействия химических факторов окружающей среды на организм: Автореф. дисс. д.м.н. – М., 1995.

*Антоненко Т.Н., Друзь Р.А., Руфф С.В.* Окружающая среда и здоровье // "Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты": В 2 т. / Под ред. Л.К. Исаева Том. 1. – М.: ПАИМС, 1997. – 512 с.

*Биглхол Р., Бонита Р., Кьельстрем Т.* Основы эпидемиологии. – Женева, ВОЗ. 1994.

*Боев В.М., Быстрых В.В.* Атмосферные загрязнения и антропометрические показатели новорожденных Оренбурга // Гигиена и санитария. – 1995, № 1. – С. 3–4.

*Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е. В.* Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.

*Бражкин А.В.* Гигиеническая оценка состояния здоровья детей в районах размещения нефтеперерабатывающих предприятий и обоснование региональной допустимой нагрузки химических факторов среды // Автореф. дисс. ... к.м.н. – Л., 1990. – 27 с.

*Винокур И.Л., Гильденскиольд Р.С., Ершова Т.Н.* и др. Методические подходы к изучению комплекса факторов окружающей среды на здоровье человека // Гигиена и санитария – 1996, № 5. – С. 4–7.

Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2 т. / Под ред. Л.К. Исаева Том. 1. – М.: ПАИМС, 1997. – 512 с; Том. 2. – М.: ПАИМС, 1997. – 496 с.

*Воскресенская Е.Г.,* Состояние здоровья беременных женщин и детей первого года жизни как гигиенический критерий оценки уровня аэрогенной химической нагрузки // Автореф. дисс. ... к.м.н. – Нижний Новгород, 1992.

*Гильденскиольд Р.С., Королев А.А., Суворов Г.А.* и др., Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения: Методические рекомендации. – М., 1996. – 41 с.

*Далин М.В., Артамонова В.Г., Шляхецкий Н.С.,* Эпидемиологический надзор за заболеваемостью бронхиальной астмой в регионах расположения крупнотоннажных производств микробного белка // Медико-биологические аспекты охраны окружающей среды при производстве бактериальных препаратов. – М.: 1989.

Демографический энциклопедический словарь / Гл. ред. Д.И. Валентей – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 608 с.

*Доценко А.А.* Эколого-гигиеническая концепция питания и здоровье населения // Гиг. и сан. – 1990, – № 7. – С. 13–18.

*Дмитриев Д.А.* Изучение влияния атмосферного воздуха на состояние системы внешнего дыхания у детей // Гигиена и санитария. – 1994, № 7. – С. 7–9.

*Дударев А.Я., Воронин В.А., Кравченко Г.Ф.* и др. Влияние химических факторов атмосферы населенных мест на заболеваемость детей как составная часть экологической проблемы / "Реализация и пути повышения эффективности медико-географических исследований". – Л., 1991.

*Засорин Б.В., Молдашев Ж.А., Каримов Т.К., Мамырбаев А.А., Сабырахметова В.М.* Связь аллергизации населения с загрязнением объектов окружающей среды тяжелыми металлами (на примере шестивалентного хрома) // Гигиена и санитария. – 1994. – № 7. – С. 41–43.

Здоровье населения и окружающая среда: Методическое пособие / Под общей редакцией д.м.н., проф. Е.Н. Беляева. – Вып.3. – Т. 1. – Ч.2. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 544 с.

Здоровье населения и окружающая среда: Методическое пособие / Под общей редакцией д.м.н., проф. Е.Н. Беляева. – Вып.3. – Т.1. – Ч. 3. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 384 с.

*Касьяненко А.А., Журавлёва Е.А., Платонов А.Г., Петин В.Г.* Системный подход к анализу синергизма при действии вредных факторов окружающей среды как база для оценки риска для здоровья

населения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: РУДН. 2001. № 5. – С. 94 – 101.

*Касьяненко А.А., Ратников А.Н., Черных Н.А., и др.* Рекомендации по ведению личных подсобных хозяйств на территориях, загрязненных радиоактивными веществами: Учебно-методическое пособие. – М.: РУДН. 2003. – 79 с.

*Киселев А.В.* Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга. – СПб.: Медицинская академия последипломного образования, 2001. – 36 с.

*Кокошко Е.И., Касьяненко А.А.* Оценка содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах питания жителей Москвы / Актуальные проблемы экологии и природопользования (выпуск 4): Сб. научн. трудов / Отв. ред. А.А. Касьяненко. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 109-113.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минэкология, 1992. – 68с.

*Лисицин Ю.П., Сахно А.В.* Здоровье человека – социальная ценность. – М.: Мысль, 1989. –89 с.

*Майорова О.А., Касьяненко А.А.* Риск для здоровья от загрязнения окружающей среды бериллием / Актуальные проблемы экологии и природопользования (выпуск 4): Сб. научн. трудов / Отв. ред. А.А. Касьяненко. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 123-128.

*Морозов И.А.* Пищевые волокна и канцерогенез // Вопросы питания. – 1993. № 4. – С.33–36.

*Майорова О.А., Гинзбург Л.Н., Касьяненко А.А.* Определение риска заболевания детей г. Москвы от загрязнения атмосферного воздуха бериллием // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: РУДН. 2001. № 5. С. 116–121.

*Мудрый И.В.* Тяжёлые металлы в системе “почва-растение-человек” // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 14–17.

*Музалевская Л.С., Лобковский А.Г., Кукарина Н.И.* Заболеваемость желчно-каменной, почечнокаменной болезнью, остеоартрозами и солевыми артропатиями в зависимости от жесткости питьевой воды // Гигиена и санитария. – 1993. № 12. – С. 17–20.

*Нестеренко З.В., Левашова Н.М.* Острые бронхиты у детей и загрязнений атмосферы // I Всес. конгресс по болезням органов дыхания. – Киев, 1990. – 1000 с.

*Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

О прожиточном минимуме в Российской Федерации. Федеральный закон от 1997, № 43.

*Покровский В.И., Беляев Е.Н., Тутельян В.А.* Продовольственная безопасность России // Вестник РАМН, – 1995. № 12. – С. 9–13.

*Прохоров Б.Б.* Экология человека. – М.: Издательский центр “Академия”, 2003. – 320 с.

*Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учебное пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 264 с.

Российский статистический ежегодник: Статистический сборник. – М.: Госкомстат России, 2000. – 642 с.

*Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н.* Роль социально-гигиенических факторов в развитии заболеваний среди населения // Гигиена и санитария. – 1997, – № 1. – С. 3-6.

Социальная сфера России: Статистический сборник. – М.: Госкомстат РФ, 1996. – 275 с.

Теория статистики: учебник / Под ред. профессора Г.Л. Громыко. – М.: ИНФРА-М., 2000. – 414 с.

Уровень жизни населения России: Статистический сборник. – М.: Госкомстат РФ, 1996. – 206 с.

*Черпак Н.А.* Гигиеническая оценка атмосферных выбросов цементного производства и влияния на здоровье // Автореф. ... канд. дисс. – Иркутск, 1988.



Шиган Е.Н. Методы прогнозирования и моделирования в социально-гигиенических исследованиях. – М.: Медицина, 1986. – 208 с.

Экология человека. Учебное пособие / Под ред. Б.Б. Прохорова. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 440 с.

Cancer Incidence in Five Continents, 1997. Human Development Report. – New York, UNDP, 2004. – 285 p.

Kasianeko A.A., Majorova O.A., Ginsburg L.N. Influence of Atmospheric Air pollution with Berillium on Children Health // Journal of Balkan Ecology. v. 6. № 1. 2003. – P. 23–27.

Ott W.R. Total human exposure // Environment. Sci. Technol. – 1985. V. 19. № 10. – P. 880–886.

Tyler Miller G. Ecologia y medio ambiente. – Mexico, 1994.

## Глава 3. Качество окружающей среды

### Введение

Данная часть учебного пособия посвящена оценке опасностей и риска для здоровья людей, которые создаются химическим загрязнением окружающей среды. Поэтому при оценке состояния окружающей среды, мы ограничимся рассмотрением только химического загрязнения основных её компонентов: воздуха, вод, почв, биоты.

### 3.1. Загрязнение окружающей среды

#### 3.1.1. Понятия и классификация

**Загрязнение окружающей среды** – поступление в природную среду любых твёрдых, газообразных и жидких веществ, микроорганизмов или энергий в виде тепловых, шумовых, вибрационных, электромагнитных и радиоактивных излучений в количествах, вызывающих изменения состава и свойств компонентов природы и оказывающих вредное воздействие на человека, фауну и флору (Касьяненко А.А., 1992).

Под компонентами природы мы понимаем [атмосферу](#), воды и почвы. Загрязнение атмосферы, поверхностных вод суши, подземных и грунтовых вод, вод морей и океанов, почвы приводит к нарушению физико-химических процессов, изменению теплового и радиационного балансов окружающей среды, оказывает вредное влияние на самого человека, животных и растительный мир.

Имеется довольно много определений **загрязнения** и их классификации (Голдовская Л.Ф., 2005). В докладе официальной комиссии Белого дома (США) дано следующее определение загрязнения окружающей среды (Рамад Ф., 1981):

**"Загрязнение** – есть неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняет распределение приходящей энергии, уровни радиации, физико-химические свойства окружающей среды и условия существования живых существ. Эти изменения могут влиять на человека прямо или через сельскохозяйственные ресурсы, через воду или другие биологические продукты (вещества). Они также могут воздействовать на человека, ухудшая физические свойства предметов, находящихся в его собственности, условия отдыха на природе и обезображивая её саму".

Н.Ф. Реймерс определяет **загрязнение** окружающей среды как "привнесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для неё физических, химических, информационных и биологических факторов, или превышение естественного среднего уровня содержания данных факторов в среде, приводящее к негативным последствиям".

Исчерпывающе информативно и хорошо сформулировано определение у

Ю.И. Скурлатова "Под **загрязнением** окружающей среды понимается поступление в природную среду любых твёрдых, газообразных или жидких веществ, микроорганизмов или энергии (тепловой, электромагнитной, радиационной, звуковой) в количествах, вызывающих изменение состава и свойства компонентов природы, оказывающих вредное влияние на человека, флору и фауну" (Скурлатов Ю.И. и др., 1994).

Загрязнения имеют естественное или искусственное происхождение.

Так, например, количество только механически извлекаемого человеком материала из литосферы Земли при добыче полезных ископаемых и строительстве составляет 100 млрд т в год, что примерно в четыре раза больше массы материала сносимого водами рек в океаны в процессе размыва суши (рис.3.1) (Королёв В.А., 2003).

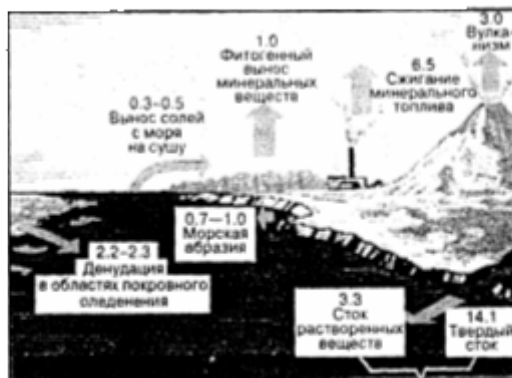


Рис. 3.1. Объёмы некоторых потоков минеральных веществ на Земле в млрд т в год (по Л.Г. Бондареву)

Морская абразия – Разрушение волнами и прибоем морских берегов. Денудация – перенос породы в пониженные участки земной поверхности водой, льдом, ветром, силой тяжести (Королёв В.А., 2003)

**Естественное загрязнение** возникает вследствие землетрясений, вулканической деятельности, лесных пожаров, бурь, наводнений и других стихийных бедствий. Например, при извержении вулканов в атмосферу поступают тысячи тонн вредных веществ: водяного пара – 79 об.%, CO<sub>2</sub> – 12 об.%, SO<sub>2</sub> – 7 об.%, N<sub>2</sub> – 1 об.%, и в сумме (CO+H<sub>2</sub>S+ HCl+CH<sub>4</sub> +Ar) – 1 об.%. Кроме того, в **атмосферу** выбрасывается до нескольких миллионов тонн вулканической пыли.

**Антропогенные** воздействия человека на окружающую среду становятся соизмеримыми с воздействием естественных природных процессов или превосходят их и влекут за собой изменения в экологических системах, ландшафтах и **природных комплексах**.

Ежегодный объём наносов, перемещаемых всеми текущими водами на земной поверхности, составляет не более 13 км<sup>3</sup>, т.е. в 30 раз меньше, чем перемещается горных пород при строительстве и добыче полезных ископаемых. При этом надо иметь ввиду, что суммарная мощность производства в мире удваивается каждые 14–15 лет.

О масштабах антропогенного загрязнения можно судить по данным, представленным в табл.3.1.

Таблица 3.1

Масштабы антропогенного воздействия на биосферу (по данным Скурлатов Ю.И. и др., 1994)

Извлечение из биосферы в год	Поступление в биосферу в год
Ископаемые – 100 млрд т	Химические вещества – 100 тыс. наименований
Металлы – 800 млн т	Синтетические материалы – 60 млн т
	Минеральные удобрения – 500 млн т
	Пестициды – 5 млн т
	Железо – 50 млн т
	Жидкий сток – 500 млрд м <sup>3</sup>
	Твёрдые отходы – 17,4 млрд т
	CO <sub>2</sub> – 20 млрд т
	SO <sub>2</sub> – 150 млн т

Многие вещества промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов, попав в биосферу, не разлагаются ни путём химических, ни путём биологических превращений и, таким образом, не утилизируются в биологическом круговороте. Биосфера загрязняется, теряет способность к самоочищению и становится опасной для жизни.

Виды загрязнений многообразны и связаны с человеческой деятельностью (Голдовская Л.Ф., 2005):

- выбросы вредных веществ в атмосферу (твёрдых частиц пыли, дыма, золы, сажи; газообразных веществ – сернистого газа  $\text{SO}_2$ , окислов азота  $\text{NO}_x$ , углекислого газа  $\text{CO}_2$ , угарного газа  $\text{CO}$ , углеводородов  $\text{C}_x\text{H}_y$  и др.);
- попадание в природные воды сточных вод больших животноводческих комплексов, промышленных и бытовых сточных вод, содержащих различные неорганические и органические вещества и микроорганизмы;
- загрязнение водной среды и почвы нефтепродуктами, минеральными солями, тяжёлыми металлами (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn и др.), СПАВ (синтетическими поверхностно-активными веществами, например, моющими средствами);
- широкое применение пестицидов – химических средств защиты сельскохозяйственных растений от вредителей, болезней и сорняков (хлорпроизводных углеводородов, фосфорорганических и других веществ);
- засорение ландшафтов мусором и твёрдыми отходами производства и потребления (остатками исходного сырья, побочными продуктами, металлоломом, резиной, пластмассой, стеклом, тарой, бумагой и т.п.);
- повышение уровня ионизирующей радиации, источником которой являются радиоактивные вещества, такие как  $^{235}\text{U}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и др.,
- накопление тепла в атмосфере и гидросфере, ведущее к изменению климата и другим последствиям;
- усиление звуковых и электромагнитных воздействий, существенно влияющих на жизнедеятельность человека и животных.

Существующие варианты классификации антропогенных загрязнений окружающей среды подразделяют загрязнения:

- по природе загрязнителей (физическое, химическое, биологическое и т.п.);
- по состоянию загрязняющего вещества (газ, жидкость, твёрдые отходы и т.д.);
- по стойкости загрязнения в окружающей среде (разрушаемые и неразлагаемые);
- по виду и качеству природной среды, где распространяется загрязнение (атмосфера, гидросфера, литосфера и т.п.);
- по медицинским показаниям, способу поражения человеческого организма (через пищу, при кожных контактах, при дыхании и т.д.).

Ни один из перечисленных признаков классификации не является полным, поскольку в реальных условиях живые организмы подвергаются воздействию не одного, а нескольких загрязнителей, и воздействия одного и того же вещества могут быть качественно различными, и проникать оно в организм может не одним, а несколькими путями. Например, ртуть, оказавшись в почве, затем попадает в атмосферу, воду и далее в растения и в организмы животных, и далее по пищевой цепи вместе с животной и растительной пищей проникает в желудок человека, а при дыхании – в лёгкие.

Одна из наиболее часто используемых классификаций распределяет виды загрязнений по характеру их влияния на экосистемы:

- *изменения химического состава* окружающей среды за счёт поступления чуждых естественным экосистемам веществ (отходов различных производств, инсектицидов, бытовых стоков и др.) – **химическое загрязнение**;
- *изменения физических характеристик* окружающей среды (теплового баланса, уровня освещённости, шума, радиационного фона, интенсивности электромагнитного излучения и др.) – **физическое загрязнение**;
- *изменения биологического разнообразия*, состава и функционирования популяций живых организмов (результат нерегулируемого отлова, отстрела животных, браконьерства, истребления отдельных видов организмов); развитие болезнетворных бактерий и вирусов, гельминтов, простейших, нарушение биоценозов из-за неумелого внедрения новых видов организмов – **биологическое загрязнение**;
- *изменения природных ландшафтов и экосистем* в процессе природопользования, вызывающие отрицательные экологические последствия и приносящие эстетический вред (грубая урбанизация, осушение болот, вырубка лесов, распашка степей, эрозия почв, мелиоративные работы, создание искусственных водоёмов и др.).

Т.А. Трофимова предлагает все загрязнения классифицировать следующим образом (Трофимова Т.А. и др., 2005):

1. **Механические** – загрязнения среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без физико-химических последствий (мусор, сточные воды и т.п.);

2. **Химические** – вещества, вызывающие изменение химических свойств, оказывающие отрицательное воздействие на здоровье людей, экосистемы и технологические устройства;

3. **Физические** – вызывающие изменение физических параметров среды: тепловых, волновых и др., например:

3.1. **Тепловые** (термальные) – вызывающие повышение температуры среды, главным образом в связи с промышленными отходами газов, в меньшей степени – твёрдыми горячими отходами (такими, например, как металлургические шлаки);

3.2. **Световые** – приводящие к нарушению естественной освещённости местности в результате действия искусственных источников света;

3.3. **Шумовые** – приводящие к увеличению интенсивности шума сверх природного уровня;

3.4. **Электромагнитные** – приводящие к изменению электромагнитных свойств среды и к местным, а иногда и глобальным, геофизическим аномальным изменениям в биологических структурах;

4. **Радиационные** – приводящие к превышению естественного содержания радиоактивных веществ в среде обитания;

5. **Биологические** – приводящие к проникновению в экосистемы и технологические устройства различных видов животных и растений, чуждых данным сообществам и устройствам, в том числе:

5.1. **Биотические** – приводящие к распространению, как правило, нежелательных с точки зрения людей биогенных веществ (выделений, мёртвых тел и др.), на территории, где они раньше не наблюдались;

5.2. **Микробиологические** – вызывающие:

- а. появление чрезвычайно большого количества микроорганизмов, связанных с их массовым размножением на антропогенных субстратах или в средах, где они раньше не наблюдались;
- б. приобретение ранее безвредной формой микроорганизмов патогенных свойств или способности подавлять другие организмы в сообществах.

Загрязнения биосферы подразделяются на **локальные, региональные и глобальные**.

**Локальное загрязнение** – это загрязнение окружающей среды в конкретной местности в ограниченных пространственно-временных масштабах. Такие загрязнения обычно встречаются вокруг промышленных предприятий, городов, рудников, сельскохозяйственных комплексов. Около крупных животноводческих комплексов воды и почвы обычно загрязнены ионами аммония, около алюминиевого завода – алюминием, вокруг медеплавильного завода – медью и т.д.

Локальные загрязнения возникают в процессе нормальной работы предприятия (эксплуатационные), а также в результате аварий.

**Региональное загрязнение** формируется на основе локальных загрязнений при увеличении их количества и пространственно-временных масштабов. Можно говорить о региональном загрязнении таких промышленных центров как Москва, Магнитогорск, Норильск, Череповец и др.

**Глобальное загрязнение** – это загрязнение, которое нарушает естественные физико-химические, биологические показатели биосферы в целом и обнаруживается практически в любой точке нашей планеты. Как правило, глобальные загрязнения связаны с трансграничными переносами поллютантов на большие расстояния от места их возникновения. К глобальным загрязнениям биосферы следует отнести радиоактивные выпадения. Так до второй мировой войны естественный радиационный фон на большей территории земной поверхности составлял от 0,07 до 0,09 мкЗв/час. После ядерных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, нескольких тысяч испытаний ядерного оружия и радиационных аварий на АЭС, радиационный фон увеличился до уровня 0,12 – 0,27 мкЗв/час. Основными химическими трансграничными загрязнителями являются оксиды углерода, серы и азота (CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>), углеводороды (C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>), и взвешенные частицы: пыль, сажа.

Биологические загрязнения представляют собой биотические или микробиологические загрязнения.

### 3.1.2. Источники и объёмы загрязнения

Сведения об источниках и объёмах загрязнения можно найти во многих работах (Оценка..., 1996; Сармурзина А.Г., 2004; Человек..., 2003) и др.

Современная технология характеризуется в глобальном масштабе исключительно низким выходом полезного продукта по отношению к общему количеству перерабатываемого сырья. Масса конечного продукта составляет 2 – 4 %, а 96 – 98 % исходных материалов идут в отходы.

Объёмы отходов постоянно возрастают и составляют многие миллионы тонн в год. В табл. 3.2 приведены данные по некоторым видам загрязнений и отходов по состоянию на 1970 и 2000 г. Почти все отходы за два десятилетия увеличились в три и более раза.

Таблица 3.2.

Объём (в млн т) и структура отходов производства и потребления в мире

Категория отходов	Год	Производство энергии	Промышленность	Сельское хозяйство	Коммунально-бытовой сектор	Всего
Главные газообразные загрязнители атмосферы	1970	17326	47	1460	873	19707
	2000	43980	226	3780	2773	50759
Выброс твёрдых частиц в атмосферу	1970	133	91	14	3	241
	2000	204	382	42	13	721
Твёрдые отходы	1970		4000	–	1000	5000
	2000		12000	–	3000	15000
Углеводороды	1970	42	14	9	4	69
	2000	140	57	27	20	244
Органические отходы	1970	–	–	4500	30	4530
	2000	–	–	13000	50	13050
Фекальные отходы	1970	–	–	9400	180	9580
	2000	–	–	24000	320	24320
Итого:	1970	17501	4152	15383	2090	39126
	2000	44404	12665	40849	6176	104094

Твёрдые отходы горно-обогатительного комбината, например, представляют собой однородную массу мелкой породы, из которой извлечены полезные ископаемые. Эта масса складывается в отвалах, занимающих площади, на которых ранее располагалось несколько деревень со всеми сельскохозяйственными угодьями. Но не только потерями плодородных земель и изменением ландшафта наносят вред эти отвалы. С их поверхности ветер уносит в атмосферу тысячи тонн пыли, а дождевые воды вымывают из них вредные вещества, которые попадают в грунтовые воды и близлежащие водоёмы. Примеры негативного воздействия твёрдых отходов можно множить и множить.

Вызывает серьёзное беспокойство повышение в природной среде ионизирующей радиации, накапливающейся в результате испытаний ядерного оружия и производства электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС).

Химические вещества, загрязняющие [окружающую среду](#), называют поллютантами (от латинского pollutio – мараение), русский синоним – загрязнители. Загрязнители образуются в результате деятельности человека и, попадая в окружающую среду, нарушают баланс веществ в экосистемах и делают среду обитания менее благоприятной или вовсе неблагоприятной.

Химические загрязнения чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Это – выбросы химических соединений и смесей в газообразном, жидком и твёрдом виде, поступающие в воздушную, водную и почвенную среду с производственными и коммунально-бытовыми отходами, при сжигании любых горючих веществ.

По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в практике используется до 600 тыс. химических соединений из более чем 6 млн известных. Из этих соединений около 40 тыс. обладают вредными для человека свойствами, а 12 тыс. являются токсичными. По мере освоения новых технологических процессов и создания новых продуктов производства число загрязняющих веществ возрастает. При этом во всём мире рост количества вновь используемых веществ опережает возможности исследования их воздействия на человека и животных.

Наиболее уязвимым компонентом окружающей среды является вода. Объём [сточных вод](#) в мире достигает 450 км<sup>3</sup> в год, на их обезвреживание идет до 6 000 км<sup>3</sup> чистой воды. К 2000 г. при сохранении темпов экономического развития и существующих технологий производства объём сточных вод может увеличиться в 12 – 15 раз и на их обезвреживание потребуется использовать все запасы пресной воды.

[Биологическое загрязнение](#) окружающей среды тесно связано с физическим и химическим, так как нарушение естественных процессов, наличие в воздухе, воде и почвах органических химических соединений, повышение уровня радиации, тепла и электромагнитного излучения во многих случаях способствуют усилению и ускорению биологических процессов. Удобрения и органические отходы сельскохозяйственного производства, органические отходы промышленного, медицинского и пищевого производства и биотехнологий также представляют собой материалы биологического загрязнения. Биологическими факторами загрязнения являются микробная обсеменённость воздуха, воды и почв. Микробная обсеменённость включает бактерии, грибки, простейшие, одноклеточные водоросли и вирусы, риккетсии, а также биологически активные вещества: белки, витамины, ферменты, гормоны. Наличие этих организмов и веществ в [окружающей среде](#) приводит к многочисленным заболеваниям человека, инфекционным заболеваниям желудочно-кишечного тракта (малярия, холера, тиф, дизентерия и т.д.), инфекционным и аллергическим заболеваниям органов дыхания (бронхиты, астма, туберкулёз), отравлениям, развитию раковых заболеваний, заболеваний кожных покровов и многим другим болезням.

Даже эта краткая характеристика загрязнений [окружающей среде](#) показывает, насколько важной стала проблема загрязнений в наши дни.

### 3.1.3. Химическое загрязнение

[Химические загрязнители](#) могут иметь как естественное, так и техногенное происхождение и быть органическими или неорганическими веществами.

Хорошее описание органических токсикантов можно найти у Л.Ф. Голдовской (Голдовская Л.Ф., 2005).

Загрязняющие вещества классифицируют по области применения и характеру воздействия. С этой точки зрения выделяют несколько важных групп органических веществ.



**Биоциды** – это вещества, действие которых направлено против живых существ. К ним относятся **инсектициды** (для уничтожения насекомых), **фунгициды** (для борьбы с фитопатогенными грибами и бактериями), **гербициды** (для уничтожения сорняков) и др., имеющие общее название **пестициды**. Они являются значимыми для окружающей среды, так как применяются длительное время.

Другую группу представляют **добавки к пищевым продуктам и косметическим средствам**. Они имеют большое значение, так как непосредственно используются человеком.

Третью группу химических продуктов составляют **удобрения, моющие средства и растворители для химической чистки**, которые также важны, поскольку применяются широко и в больших количествах.

Полезная информация о кислороде и азотосодержащих соединениях, фреонах, стойких органических загрязнителях, нефти и нефтепродуктах, полимерных материалах содержится в учебном пособии Сармурзиной А.Г. и др. ([Сармурзина А.Г., 2004](#)).

Полезными также являются сведения о полиароматических углеводородах диоксинах, содержащиеся в статье А.П. Пурмали ([Пурмаль А.П., 2003](#)).

На хорошем уровне описаны кислотные дожди в статье Н.М. Бажина (Бажин Н.М., 2003).

Большой вклад в загрязнение окружающей природной среды (ОПС) вносят отходы. В 2001 г. Министерством природных ресурсов РФ утверждены "Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды" (Критерии..., 2001). По этому документу класс опасности отходов устанавливается по степени возможно вредного воздействия на ОПС при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на неё:

1-й класс – **чрезвычайно опасные отходы**, обладающие очень высокой степенью воздействия на ОПС; критерием отнесения отходов к 1-му классу является необратимое нарушение экологической системы (период восстановления отсутствует);

2-й класс – **высокоопасные отходы**, обладающие высокой степенью воздействия на ОПС (вызывают сильное нарушение экологической системы; период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия);

3-й класс – **умеренно опасные отходы**, обладающие средней степенью воздействия на ОПС (вызывают нарушение экологической системы; период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника);

4-й класс – **малоопасные опасные отходы**, обладающие средней степенью воздействия на ОПС (вызывают нарушение экологической системы; период самовосстановления – не менее 3-х лет);

5-й класс – **практически не опасные отходы**, обладающие низкой степенью воздействия на ОПС (практически не нарушают экосистему).

## Вопросы к 3й теме:

### 3.1. Загрязнение окружающей среды

1. Что такое загрязнение окружающей среды?
2. Какие компоненты окружающей среды подвергаются загрязнению?
3. Какие виды загрязнений существуют?
4. Что такое физические загрязнения и какое влияние они оказывают на человека, животных и растительный мир?
5. Какое воздействие оказывают химические загрязнения?
6. Что представляют собой биологические загрязнения и как они действуют на человека?
7. Каковы прогнозы на будущее, связанные с загрязнением окружающей среды?
8. Каковы основные источники загрязнения, какие вредные вещества и в каких количествах выбрасываются в окружающую среду?

9. Какие вещества называют загрязнителями?
10. Приведите примеры загрязняющих веществ, источников их происхождения и путей поступления в биосферу.
11. Дайте определения и приведите примеры локальных, региональных и глобальных загрязнений.
12. Какие классы опасности установлены для отходов и каковы их характеристики?
13. Охарактеризуйте источники загрязнения города, в котором вы родились (качественно и количественно).
14. Дайте характеристику видам загрязнений.
15. В чём состоит смысл классификации загрязнений по характеру их влияния на экосистемы?

## Тема 4.

### 3.2. Токсикологические основы нормирования загрязнений окружающей среды

#### 3.2.1. Оценка неканцерогенной опасности и риска по предельно допустимым концентрациям

Токсикация нашей планеты является одной из медленно развивающихся катастроф (Пурмаль А.П., 2003). Токсичны многие вещества и органические и неорганические.

Количественно охарактеризовать токсичность веществ – задача весьма сложная. Токсичность всегда определяют в группе животных, отдельные особи которых обладают различной чувствительностью. При достаточном количестве животных определяют две характеристики токсичности  $LD_{50}$  и  $LD_{100}$ . Суть этих характеристик поясняет рис. 3.2.

Приводящую к смертельному исходу токсикацию называют **острой токсичностью**.



Рис. 3.2. Количественная иллюстрация меры токсичности веществ: летальная доза  $LD_{100}$  и полулетальная доза  $LD_{50}$ . (Пурмаль А.П., 2003).

**Острая токсичность** является наиболее определённой и легко измеримой и обычно определяется как  $LD_{50}$  – "летальная доза 50 %". Это доза, выраженная в мг токсиканта на кг веса тела, которая приводит к смерти в течение 24 часов 50 % особей, подвергшихся однократному воздействию токсиканта оральным или дермальным путём.  $LD_{50}$  обычно определяется экспериментально на животных – мышах или крысах.

Острая токсичность для газов обозначается как  $LC_{50}$  и представляет такую концентрацию токсиканта в воздухе, которая является летальной для 50 % подопытных животных, которые вдыхали эту смесь в течение определённого времени, обычно 4 часа.



В некоторых случаях, химические вещества могут иметь очень низкую острую токсичность, но могут провоцировать рак (например, *ПХВ*), врождённые дефекты (*талидомин*), или экологические эффекты (*ДДТ*). Длительная экспозиция таких веществ даже в относительно малых концентрациях может привести к специфическим заболеваниям отдельных органов или раку. Следовательно, химические вещества могут быть также классифицированы по их **субхронической** или **хронической** токсичности, канцерогенности, или токсичности для репродуктивной системы и периода эмбрионального развития. В этом случае используют обычно данные экспериментов на животных и иногда эпидемиологические данные.

На основании этих определений в большинстве стран принято классифицировать все токсичные вещества на 6 классов: *практически не токсичные, слегка токсичные, мало токсичные, сильно токсичные, чрезвычайно токсичные и супертоксичные*, см. табл. 3.3.

Таблица 3.3

Токсические характеристики химических веществ

Категория токсичности	Вероятная летальная оральная доза для человека	Примеры	
		Химикаты	LD <sub>50</sub> (животные)
1 - практически не токсичные	> 15 г/кг		
2 - слегка токсичные	5 – 15 г/кг	Этанол	10 г/кг
3 - мало токсичные	0.5 – 5 г/кг	Хлорид натрия	4 г/кг
4 - сильно токсичные	50 – 500 мг/кг	Фенобарбитал	150 мг/кг
5 - чрезвычайно токсичные	5 – 50 мг/кг	Пикротоксин	5 мг/кг
6 - супертоксичные	< 5 мг/кг	Диоксин	0.001 мг/кг

В России по токсичности и степени воздействия на организм вредные вещества разделены на 4 класса (ГОСТ 12.1.007-76). Наиболее вредные вещества относят к первому классу, наименее вредные – к четвёртому

I – вещества чрезвычайно опасные;

II– вещества высокоопасные;

III– вещества умеренно опасные;

IV – вещества малоопасные.

Ниже приведены примеры неорганических и органических веществ, загрязняющих воздушную среду и водоёмы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (Голдовская Л.Ф., 2005).

I класс – **чрезвычайно опасные вещества** (ртуть, бериллий, фосфор; бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, диэтилртуть, пентахлорбифенил и др.);

II класс – **высокоопасные вещества** (кадмий, мышьяк, свинец, барий, бром, алюминий, бор, цианиды, родениды, нитраты; дифеил (фенилбензол), алкиланилин, ампициллин, бензилпенициллин, винилхлорид, формальдегид, анилин, циклогексан, пиридин, бензол, метанол и др.);

III класс – **опасные вещества** (хром, ванадий, железо, медь, цинк, сульфиды, аммиак, нитраты; дифениламин, белково-витаминный концентрат (БВК), бензин, стирол, бутилен, этилен, ацетон и др.);

IV класс – **умеренно опасные вещества** (фосфат кальция, хлориды, сульфаты; метилмеркаптан, фенол, гексахлорэтан, керосин, нафталин, толуол, олефинсульфонаты, карбоновые кислоты, алкинсульфонаты, нефть и др.).

Но, если речь идёт о **канцерогенах** (например, ПХВ или тяжёлых металлах), то они могут встречаться и среди легко токсичных и практически не токсичных веществ.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 3.4.

Токсические характеристики химических веществ

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (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 при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
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

В 1964 г. ВОЗ рекомендовала четыре уровня опасности загрязнения воздуха: **отсутствие влияния на человека, раздражение, хронические заболевания и острые заболевания** (Берлянд М.Е., 1985).

С увеличением **дозы** число индивидуумов с тем же самым эффектом в изменении здоровья увеличивается. Для не канцерогенных веществ пороговая доза определена как уровень не обнаруживаемого вредного эффекта. Это означает, что экспозиция химического вещества в дозе меньше пороговой не вызывает в организме отрицательных эффектов.

Эти зависимости называют **"доза-ответ", "доза-эффект"** или **"экспозиция-ответ"**.

**Зависимость "доза – ответ"** – корреляция между уровнем экспозиции (дозой) и долей экспонированной популяции, у которой развился специфический эффект.

**Зависимость "доза – эффект"**– связь между дозой и степенью выраженности эффекта в экспонированной популяции.

**Зависимость "экспозиция – ответ"** – связь между воздействующей дозой (концентрацией), режимом, продолжительностью воздействия и степенью выраженности, распространенности изучаемого вредного эффекта в экспонируемой популяции.

Для каждого химического вещества существует зависимость доза-отклик для каждого вида токсикологического эффекта (см. рис. 3.3.).

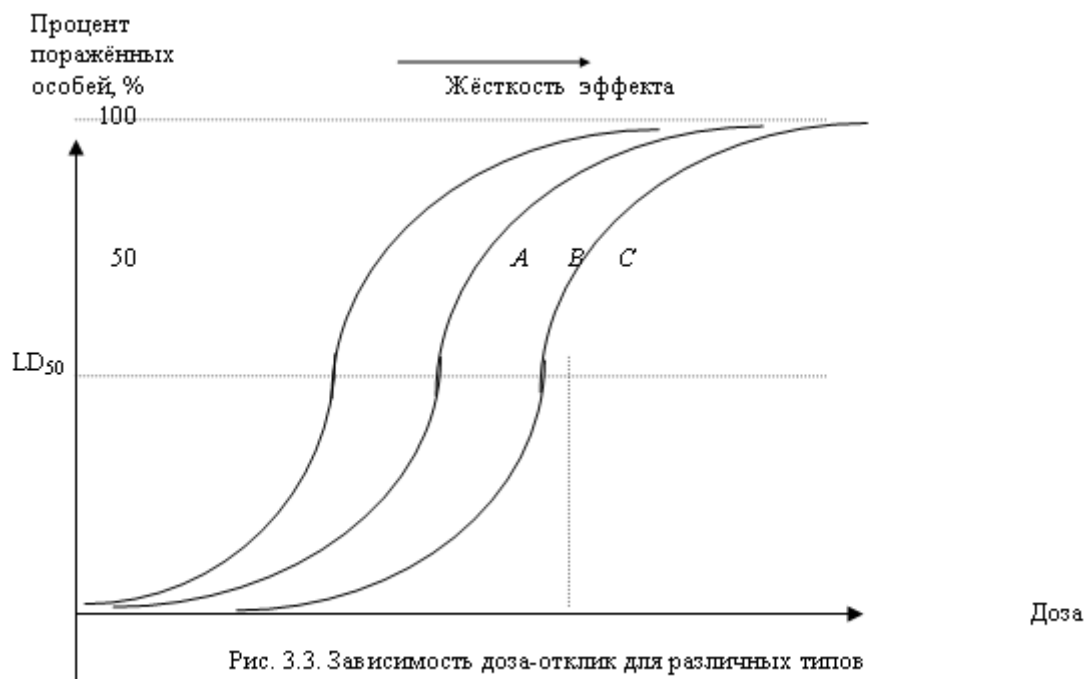


Рис. 3.3. Зависимость доза-отклик для различных типов токсикологических эффектов: А – раздражение, В – систематический эффект, С – смерть

Приведённые зависимости характеризуют летальную дозу, введённую в организм одновременно. При получении дозы меньшей летальной меняется характер соматических реакций. При этом характер самих зависимостей остаётся одним и тем же, а болезненное состояние организма постепенно проходит. С мочой, фекалиями, потом, выдыхаемым воздухом токсины и продукты их превращений выводятся из организма. Это свойство организма в отношении токсинов характеризуется временем полувыведения  $t_{0,5}$ . Для разных токсинов  $t_{0,5}$  составляет от нескольких часов до нескольких десятков лет.

Если концентрация токсина в организме достигает величины  $LD_{100}$ , организм погибает. Если же концентрация токсина в организме мала, то будут наблюдаться различного рода отклонения от нормы: физиологические, биохимические, поведенческие/

При оценке риска, обусловленного химическим загрязнением окружающей среды, чаще всего используют атрибутивный (добавочный) или дополнительный риск.

Принцип определения ПДК и [референтных концентраций](#) показан на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Установление референтного уровня воздействия на основе пороговой или не действующей дозы (Руководство..., 2004)

При оценке риска развития неканцерогенных эффектов исходят из предположения о наличии порога вредного действия, ниже которого вредные эффекты не развиваются.

### 3.2.2. Оценка неканцерогенной опасности и риска по референтным дозам

ЕРА имеет длительные традиции, связанные с изучением загрязнений окружающей среды и разработало стандарты и критерии качества для питьевой воды, природных вод, воздуха, [Допустимая](#)

концентрация загрязнения, эталонных доз для не токсических веществ (reference dose – *RfD*) для многих химических соединений.

Первоначально EPA начало разработки методик анализа риска с целью определения критериев и стандартов для химических веществ, загрязняющих воды. Эти работы были начаты в 1980 г. Впоследствии, разработанный в 1986 г. метод анализа риска был распространён на все другие среды. Большинство критериев были разработаны на основе экстраполяции данных, полученных в экспериментах на животных, и данных о дыхании, потреблении воды, пищи и усреднённом весе человека. Среди критериев, разработанных EPA, следует упомянуть наиболее важные.

**Требования качества для питьевой воды** – Health advisories (*HA*) определяют допустимые (безопасные) концентрации некоторых химических веществ в питьевой воде для 1-дневного, 10-дневного и субхронического употребления. Обычно, эти требования определяются на основе экспериментальных данных, полученных в опытах с крысами и мышами и экстраполяции данных на человеческий организм на основе критерия неопределённости.

Методики оценки риска, разработанные Агентством по охране окружающей среды США, используют понятие референтной дозы (*RfD*).

**Референтная доза/концентрация** (Referent Dose – *RfD*) – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учётом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения. Ранее она была известна как допустимое ежедневное поступление – (acceptable daily intake – *ADI*). Синонимы: встречающиеся в современной научной литературе допустимое суточное поступление (Adsorbed Daily Intake – *ADI*), переносимое суточное поступление (Tolerant Daily Intake – *TDI*), руководящий уровень (Governing Volume – *GV*), рекомендуемые показатели допустимого воздействия на здоровье (Heals Adverse – *HA*), прогнозируемый неэффективный уровень для человека (Prognosed non Effective Level – *PNEL*), уровень минимального риска (Minimal Risk Level – *MRL*), рекомендуемый уровень воздействия (Recommended Effective Level – *REL*) (Руководство..., 2004).

Значение референтной дозы *RfD* для человека определяют с учётом неопределённости, переходя от *LD<sub>50</sub>*, полученной экспериментально на животных по формуле (3.1):

$$RfD = \frac{LD_{50}}{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5}, \text{ [мг/кг}\cdot\text{день]} \quad (3.1)$$

где  $k_i$  – коэффициенты неопределённости, величины которых приведены в табл. 3.5

Эталонная доза определена как суммарная дневная доза химического вещества (в миллиграммах на килограмм веса человеческого тела), которая не может нанести вреда здоровью человека даже при условии поступления химиката в организм на протяжении всей жизни. Эталонные дозы определены для нескольких тысяч химикатов. Эталонные дозы и методика оценки риска на их основе разработаны и изложены в Информационной Системе Интегрального Риска – (Integrated Risk Information System – *IRIS*), которая была внедрена в 1993 г. Данные в этой системе обновляются ежемесячно.

Таблица 3.5 Коэффициенты неопределённости

Название коэффициента неопределённости	Значение
$k_1$ – коэффициент разброса чувствительности в экспериментальной группе животных	10
$k_2$ – коэффициент неопределённости при переходе от данных для животных к данным для людей	10
$k_3$ – коэффициент неопределённости данных при переходе от <a href="#">LOAEL</a> к <a href="#">NOAEL</a>	1 ÷ 10
$k_4$ – коэффициент неопределённости при	

экстраполяции данных полученных при ограниченном по времени воздействию к данным на продолжительность жизни

$k_5$  – коэффициент, учитывающий условия профессиональной деятельности

Примечания: 1 – **LOAEL – NOAEL** – можно найти в разделе "Термины и определения";

2 – Коэффициент, учитывающий условия профессиональной деятельности вводится только в случае учёта указанных условий. Значения коэффициента выбирают в пределах  $1 \div 10$ . Если точных данных не имеется его значение принимают равным 10.

Референтные дозы определяют для ингаляционного и перорального путей поступления токсиканта в организм. В табл. 3.6 приведены значения референтных доз для некоторых химических веществ для острых ингаляционных воздействий, в табл. 3.7 для хронического ингаляционного воздействия и в табл. 3.8 для перорального пути поступления токсикантов в организм.

Таблица 3.6

Референтные дозы для острых ингаляционных воздействий (Руководство..., 2004)

CAS	Вещество	$R_{\text{УС}}_{\text{AR}}$ мг/м <sup>3</sup>	Критические органы / системы
71-55-6	1,1,1- Трихлорэтан	11	ЦНС
96-18-4	1,2,3-Трихлорпропан	0,0018	Органы дыхания
106-99-0	1,3-Бутадиен	0,11	Органы дыхания
10102-44-0	Азот диоксид	0,47	Органы дыхания
10102-43-9	Азот оксид	0,72	Органы дыхания
107-02-8	Акролеин	0,0001	Глаза
7664-41-7	Аммиак	0,35	органы дыхания, глаза
67-64-1	Ацетон	62	ЦНС
	Взвешенные вещества	0,3	Органы дыхания, системн.
	Взвешенные частицы с размерами менее 10 мкм	0,15	Органы дыхания, системн.
71-43-2	Бензол	0,15	Иммун., развитие, репрод.
7726-95-6	Бром	0,2	
7440-62-2	Ванадий	0,0002	Органы дыхания
	Взвешенные частицы с размерами менее 2,5 мкм	0,065	Органы дыхания, системн.
75-01-4	Винилхлорид	1,3	Развитие
7783-06-04	Водород сульфид	0,1	Органы дыхания
74-90-8	Водород цианид	0,2	ЦНС
1330-20-7	Ксилол	4,3	ЦНС, орг. дыхания, глаза
7440-50-8	Медь	0,1	Органы дыхания
7758-98-7	Медь сульфат	0,1	Органы дыхания
7740-38-2	Мышьяк	0,0004	Репрод., развитие
7439-97-6	Ртуть	0,002	Репрод., развитие
7782-49-2	Селен	0,003	Органы дыхания, глаза
2025884	Сера диоксид	0,66	Органы дыхания
7664-93-9	Серная кислота	0,1	Органы дыхания
75-15-0	Сероуглерод	20	Репрод., развитие, кровь
630-08-0	Углерод оксид	23	Серд.-сосуд. сист., развитие
64-19-7	Уксусная кислота	3,7	Органы дыхания
7782-50-5	Хлор	0,2	Органы дыхания
7783-81-5	Уран гексафторид	3,6	Почки
108-95-2	Фенол	6	Глаза, орг. дыхания
64-17-5	Этанол	100	ЦНС

Референтные дозы для хронического ингаляционного воздействия  
(Руководство..., 2004).

CAS	Вещество	$RfC_{AR}$ мг/м <sup>3</sup>	Критические органы / системы
7664-41-7	Аммиак	0,1	Органы дыхания, глаза
67-64-1	Ацетон	31,2	ЦНС
8006-61-9	Бензин	0,071	Глаза, органы дыхания, печень, почки
	Взвешенные вещества	0,075	Органы дыхания, системн.
	Взвешенные частицы с размерами менее 10 мкм	0,05	Органы дыхания, системн.
	Взвешенные частицы с размерами менее 2,5 мкм	0,015	Органы дыхания, системн.
7783-06-04	Водород сульфид	0,002	Органы дыхания
7740-38-2	Мышьяк	3,0·Е-5	Р
7439-97-6	Ртуть	0,0003	ЦНС, гормон., почки
2023884	Сера диоксид	0,05	Органы дыхания, смертность
7664-93-9	Серная кислота	0,001	Органы дыхания
630-08-0	Углерод оксид	3	Серд.-сосуд. сист., развитие, ЦНС
7782-50-5	Хлор	0,0002	Органы дыхания

Таблица 3.8

Референтные дозы для перорального пути поступления (Руководство..., 2004)

CAS	Вещество	$RfD$ мг/кг	Критические органы / системы
7664-41-7	Аммиак	0,98	
67-64-1	Ацетон	0,9	Почки
8006-61-9	Бензин	0,2	Системн. (масса тела) печень, почки
7440-62-2	Ванадий	0,007	Волосы (снижение содержания цистина), печень, почки, жел.-киш. тракт
7783-06-04	Водород сульфид	0,003	Жел.-киш. тракт
7740-38-2	Мышьяк	0,0003	Кожа, ЦНС, нервная сист., серд.-сосуд. сист., гормон. (диабет), жел.-киш. тракт
7439-97-6	Ртуть	0,0003	ЦНС, гормон., почки, репрод., гормон.
7740-61-1	Уран	0,003	Почки, биохим.
7740-61-1	Уран, растворимые в воде соединения	0,0006	Почки, системн. (масса тела)
7782-50-5	Хлор	0,1	Слизист., иммун.

### 3.2.3. Оценка канцерогенного риска

ЕРА разрабатывает также методики оценки канцерогенного риска, методики оценки мутагенного риска, проводит огромные исследовательские работы по определению показателей канцерогенности для многих химических соединений, систематизирует токсиканты, публикует справочные данные.

Для канцерогенов, однако, принято, что не существует пороговой дозы и что даже небольшое число молекул токсиканта потенциально может нарушить структуру ДНК, что может привести к раку.

Механизм канцерогенного действия может быть связан как с прямым повреждением генома (генотоксические канцерогены), так и его опосредованным повреждением (эпигенетические канцерогены). Предполагается, что действие генотоксических канцерогенов не имеет порога канцерогенного действия. Негенотоксические канцерогены могут обладать порогом вредного действия, ниже которого канцерогенного риска не возникает (Руководство..., 2004).

**Канцерогенез** – многостадийный процесс, включающий три основные стадии: инициация (мутационные процессы в клетке), промоция (преобразование инициированных клеток в опухолевые) и прогрессия (приобретение клетками злокачественных свойств).

**Канцероген** (Carcinogen) – вещество или физический агент, способный вызвать возникновение и развитие злокачественных новообразований. Большинство канцерогенов имеют антропогенное происхождение.

**Канцерогенный риск** – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска (Руководство..., 2004).

Оценка зависимости "доза-ответ" с беспороговым механизмом действия осуществляется путём линейной экстраполяции реально наблюдаемых в эксперименте или в эпидемиологических исследованиях зависимостей в области малых доз и нулевого канцерогенного риска. Пример зависимости "доза – ответ" для канцерогена с беспороговым механизмом действия приведён на рис. 3.5.

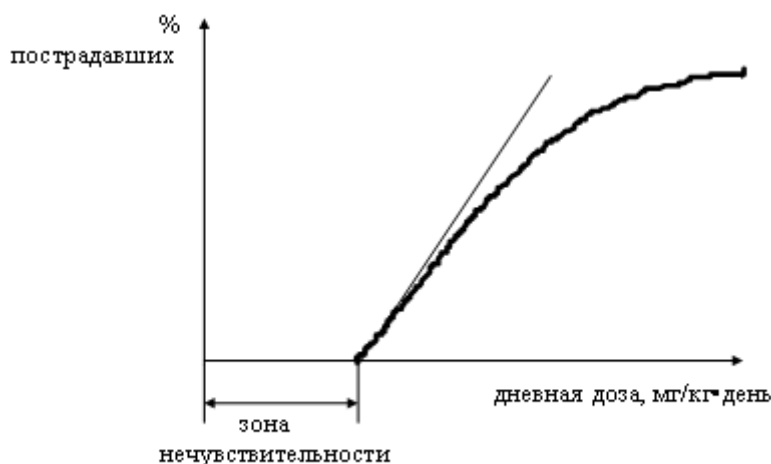


Рис. 3.5. Зависимость «доза – эффект» для химического канцерогена

Основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного вещества – показатель канцерогенности или фактор наклона.

Показатель канцерогенности определяется по результатам экспериментов на животных путем многостадийного линейного анализа. Показатель канцерогенности определяет величину опасности рака, хотя и имеет большую степень недоверности, поскольку на результат могут влиять очень многие неучтённые факторы.

**Канцерогенный потенциал (показатель канцерогенности, фактор наклона, фактор канцерогенного потенциала (Slope Factor – SF)** – мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95 % доверительная граница наклона зависимости "доза – ответ" в нижней линейной части кривой. Единица измерения:  $1/(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день}))$  или  $(\text{мг}/\text{кг}\cdot\text{день})^{-1}$ .

Показатель канцерогенности характеризует степень нарастания канцерогенных эффектов в % с увеличением действующей дозы. Он определяется как арктангенс угла наклона между прямой линейной экстраполяцией и осью абсцисс.

Показатель канцерогенности имеет размерность  $(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день}))^{-1}$ .

Этот показатель отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF определяются для ингаляционного  $SF_i$  и для перорального  $SF_o$  путей поступления токсиканта в организм. В табл. 3.9 приведены значения показателей наклона для некоторых канцерогенных веществ. Более полный список можно найти в руководстве (Руководство..., 2004).

Показатель канцерогенности

CAS	Вещество	МАИР	ЕРА	$SF_0$	$SF_1$
75-34-3	1,1 - дихлорэтан	3	C	0,026	0,026
309-00-2	Алдрин	3	B2	17	17
1332=21-4	Асбесты	1	A		22
75-07-0	Ацетальдегид	2B	B2		0,0077
8006-61-9	Бензин	2B	A		0,035
50-32-8	Бенз(а)пирен	2A	B2	7,3	3,9
7440-41-7	Бериллий	1	B1	4,3	8,4
50-29-3	ДДТ	2B	B2	0,34	0,34
1746-01-6	Диоксины	1	A	150000	150000
62-73-7	Дихлофос	2B	B2	0,29	0,29
7440-43-9	Кадмий	1	B1	0,38	6,3
7440-02-0	Мышьяк	1	A	1,5	15

В практике анализа риска используют понятия канцерогенный эффект, межвидовое обращение дозы, нет доказательств канцерогенности, которые можно найти в разделе "Термины и определения".

### Вопросы к 4й теме:

## 3.2 Токсикологические основы нормирования загрязнений окружающей среды

1. Что такое  $LD_{50}$  и  $LD_{100}$  и как они определяются?
2. Дайте определение острой, хронической и субхронической токсичности.
3. На сколько классов подразделяют токсичные вещества в России и в других странах?
4. Приведите примеры неорганических и органических веществ, загрязняющих воздушную среду, относящиеся к различным классам опасности.
5. Нарисуйте зависимости доза-ответ и поясните их смысл.
6. Каким образом устанавливают величину ПДК?
7. Дайте определение дополнительного и добавочного риска и поясните различие между ними.
8. Что такое референтная доза и как она определяется?
9. Какие ещё синонимы загрязнения используют в зарубежных странах и что они собой представляют?
10. Напишите формулу для определения референтной дозы и поясните смысл входящих в неё величин и коэффициентов?
11. Дайте определение канцерогенного риска, канцерогенеза и канцерогенности.
12. Как определяется показатель канцерогенности?



## Тема 5.

### 3.3. Качество воздушной среды

#### 3.3.1. Состав и характеристики чистого атмосферного воздуха

**Воздух** является наиболее важным компонентом окружающей среды для существования человека и всего живого на земле. Без дыхания человек в состоянии прожить не более 5-6 минут.

Учёные разделили **атмосферу** условно на несколько слоёв (сфер). Слой, который начинается у поверхности земли и простирается примерно до 10 000 метров, назвали тропосферой. В этой части формируются все облака, образуются дожди, ураганы и ветры. Среднегодовая температура на уровне моря составляет +15 °С, а на высоте 10 км опускается до -40 °С. Слой от 10 км до 50 км назвали стратосферой. Температура в стратосфере увеличивается с высотой и поднимается примерно до +40 °С на высоте 50 км. Именно в стратосфере находится около 90 % планетарного озона, который защищает всё живое на земле от солнечного ультрафиолетового излучения. Именно поглощением ультрафиолетового излучения объясняют повышение температуры в этом слое. Слой от 50 км до 80 км назвали мезосферой. Выше 80 км начинается наиболее удалённая часть атмосферы, которая практически не ограничена по высоте. Температура в этой части понижается с увеличением высоты. Практически 90 % всей массы воздуха сосредоточено в слое до 16 км от поверхности Земли.

Газовый состав чистого воздуха стабилен в стокилометровой толще от поверхности Земли. Чистый сухой воздух содержит по объёму примерно 78,09 % азота, 20,8 % кислорода, 0,93 % аргона, 0,031 % углекислого газа и несколько десятых долей процента других газов. В табл. 3.10 представлен состав чистого атмосферного воздуха. Этот состав относится к чистому воздуху.

Таблица 3.10

Состав чистого атмосферного воздуха

Название газа	Содержание в воздухе				Молекулярный вес, атомных ед.
	% по объёму	г/м <sup>3</sup> по объёму	% по весу	г/м <sup>3</sup> по весу	
Азот	78.00	780 900	75.52	755 100	28.016
Кислород	20.80	209 500	23.15	231 500	32.000
Аргон	0.93	9 300	1.28	12 800	39.944
Двуокись углерода	0.03	300	0.05	460	44.010
Неон	1.8·10 <sup>-3</sup>	18	–	12.5	20.010
Гелий	5.24·10 <sup>-4</sup>	5,2	–	0.72	4.003
Метан	–	2,2	–	1.2	–
Криптон	1.0·10 <sup>-4</sup>	1,0	–	2.9	83.7
Водород	5.0·10 <sup>-5</sup>	0,5	–	0.03	2.016
Ксенон	8.0·10 <sup>-4</sup>	0,8	–	0.36	131.3
Озон	9.0·10 <sup>-4</sup>	–	–	–	48.0
Радон	6.0·10 <sup>-18</sup>	–	–	–	222.0
Сухой воздух		1 000 000		1 000 000	28.966

Кислород восстанавливается в атмосфере благодаря процессам фотосинтеза в растениях и фитопланктоне. Количество кислорода в атмосфере постоянно изменяется, поскольку меняется уровень его воспроизводства, с одной стороны, и уровень потребления человечеством, с другой.

#### 3.3.2. Загрязнение воздушной среды

Загрязнение воздуха является наиболее значимой экологической проблемой в настоящее время. Предотвращение загрязнения атмосферы является одной из наиболее трудных задач. Загрязнение воздуха очень сильно влияет на здоровье населения, на состояние флоры и фауны, а также на состояние зданий и конструкций из металла.

**Загрязнение воздуха** – это изменение его газового состава в результате попадания в него различных примесей.

Загрязнение атмосферы обусловлено естественными и техногенными источниками.

В наши дни наиболее распространённым загрязняющим атмосферу веществом является углекислый газ  $CO_2$ . Естественное содержание углекислого газа в атмосферном воздухе составляет 0,031 %. В результате сжигания угля, нефти, газов, сланцев и других горючих материалов в последнее десятилетие поступление  $CO_2$  в атмосферу настолько возросло, что его приходится рассматривать как загрязняющее вещество. Его содержание увеличивается ежегодно на 0,2 % от исходного. Растения планеты и фитопланктон Мирового океана уже не в состоянии полностью поглощать выбрасываемый в атмосферу углекислый газ. В 60-е г. была выдвинута гипотеза, что концентрация  $CO_2$  в атмосфере к 2000 г. может возрасти до 0,038 %, что должно было привести к глобальному увеличению температуры атмосферы Земли на 2 градуса. Это также должно было привести к таянию полярных льдов и повышению уровня мирового океана на 60-80 м.

Из других газов наибольшую опасность представляют угарный газ  $CO$ , окислы серы  $SO_x$  и азота  $N_xO_x$ , также образующиеся при сжигании топлива.

Таблица 3.11

Выбросы загрязнителей (килотонн/год) в атмосферу в странах ЕС в 1985 году (Medio..., 1992)

Загрязнитель	$SO_2$	$N_xO_x$	ЛОВ
Страна			
Бельгия	392	317	433
Дания	334	271	208
Испания	2190	839	2141
Франция	1482	1605	2776
Греция	500	308	614
Голландия	200	471	434
Италия	2090	1574	2945
Ирландия	141	85	110
Люксембург	17	22	14
Португалия	198	96	199
Великобритания	3767	2125	3922
Германия	2315	2715	5781
Всего по ЕС	13626	10428	19577

По оценкам экспертов ООН в атмосферу Европы, США, Канады ежегодно выбрасывается около 100 млн т одних только соединений серы. Значительная часть этих выбросов, соединяясь в атмосфере с водяными парами, выпадает затем на землю в виде так называемых кислотных дождей. Причём эти вредные и для человека, и для природы выбросы могут перемещаться в воздушных потоках на громадные расстояния. Так, например, установлено, что выбросы промышленных предприятий ФРГ и Англии переносятся на расстояния более тысячи километров и выпадают на территории скандинавских стран, а из северо-восточных штатов США – на территории Канады. Установлено, что "кислотные дожди" снижают устойчивость человеческого организма к простудным заболеваниям, ускоряют коррозию конструкций из стали, никеля и меди, разрушают песчаник, известняк и мрамор, нанося непоправимый ущерб зданиям и памятникам культуры и старины.

Для исследователей, занимающихся проблемами загрязнения атмосферы, представляет интерес соотношения между различными загрязнителями и источниками их происхождения. В табл. 3.11 приведены данные по выбросам в странах ЕС.

Наибольший вклад (около 20 килотонн в год) в загрязнение атмосферы дают летучие органические вещества (ЛОВ), второе место занимают двуокись серы и третье – окислы азота.

Чем больше выбросы вредных веществ в атмосферу, тем выше их концентрация и тем больше их выпадает на поверхность земли и водоёмов



Рис. 3.6. Перемещение загрязнений в атмосфере

По имеющимся данным урон от "кислотных дождей" исчисляется огромными цифрами – только в США составляет 2,5 млрд долл в год. Выпадение серы в реки, озёра и на почву приводит к их закислению. В результате в Южной Норвегии рыба исчезла в 1 750 озёрах, а в северо-восточной части США – более чем в тысяче озёр.

### 3.3.3. Контролируемые параметры и единицы измерения загрязнения атмосферного воздуха

Воздушная среда характеризуется следующими основными параметрами: газовым молекулярным составом чистого воздуха, газовыми загрязняющими примесями, запыленностью, микрофлорой а также вспомогательными параметрами, такими как: температура, давление влажность, скорость и направление ветра, и, наконец, полями – электрическим, радиационным, электромагнитным, звуковым и тепловым.

К основным, наиболее распространённым примесям относятся совокупность твёрдых частиц: пыль и/или аэрозоли, сернистый газ  $SO_2$ , окислы азота  $N_xO_x$ , окись углерода  $CO$ , углекислый газ  $CO_2$ , фреоны,

Единицы измерения загрязнения атмосферы зависят от вида загрязняющего вещества.

Для пыли, сажи, аэрозолей различают **массовую, объёмную, счётную и поверхностную концентрации**.

**Массовая**, или **гравиметрическая концентрация** – это масса частиц, содержащихся в единице объёма воздуха. В международной практике чаще всего используется единица массовой концентрации  $мг/м^3$ . При очень низких концентрациях может использоваться также  $мкг/м^3$  ( $мкг/м^3$ ,  $10^{-3} мг/м^3$ ) и нанограмм на кубический метр ( $нг/м^3$ ).

Для оценки экологического воздействия на окружающую среду тех или иных источников выбросов содержание атмосферной пыли и аэрозолей также определяют по выпадению на подстилающую поверхность и измеряют в единицах массы на единицу площади:  $г/м$ ,  $кг/га$  или  $т/км^2$ .

**Объёмная концентрация** – это объём частиц содержащихся в единице объёма загрязнённого воздуха, которую измеряют в  $см^3/м^3$ .

**Счётная концентрация** – это отношение числа загрязняющих частиц к единице объёма загрязнённого воздуха, выражаемая количеством частиц в  $1 м^3$ .

**Поверхностная концентрация** характеризует суммарную поверхность частиц, содержащихся в единице объёма воздуха и измеряется в  $\text{м}^2/\text{м}^3$ .

При исследованиях загрязнённости воздуха большое значение придают размерам пылевых частиц или аэрозолей, так как мелкие частицы обладают способностью легко проникать глубоко в лёгкие и оседать там, а с другой стороны имеют низкую гравиметрическую седиментацию (осаждение) и поэтому составляют основную часть трансграничного переноса. Размеры частиц большей частью измеряют в микронах – мкм. При характеристике дисперсности аэрозоля (пыли) пользуются различными средними размерами частиц: средний арифметический диаметр, средний квадратный диаметр, средний кубический диаметр (Такеуи Н., 1984), а также геометрическим и аэродинамическим диаметром частиц (Шадрин А.С., 1978).

Средний арифметический диаметр определяют по формуле (3.2):

$$\bar{d}_1 \approx \sum_{i=1}^N \frac{n_i d_i}{N}, \quad (3.2)$$

где  $n_i$  – число частиц в  $i$ -м интервале диаметров со средним размером  $d_i$ ,  $N$  – общее число частиц.

Средний квадратичный (средний по поверхности) диаметр определяют по формуле (3.3):

$$\bar{d}_2 \approx \left( \frac{\sum_{i=1}^N \frac{n_i d_i^2}{N}}{N} \right)^{1/2}. \quad (3.3)$$

Средний кубический (средний по объёму) диаметр определяют по формуле (3.4):

$$\bar{d}_3 \approx \left( \frac{\sum_{i=1}^N \frac{n_i d_i^3}{N}}{N} \right)^{1/3}. \quad (3.4)$$

Геометрический диаметр  $D_{gij}$  частиц в интервале размеров частиц от  $D_{pi}$  до  $D_{pj}$  определяется по соотношению (3.5)

$$D_g = D_{gij} = \sqrt{D_{pi} D_{pj}}. \quad (3.5)$$

Аэродинамический диаметр  $D_{ai}$  связан с геометрическим диаметром соотношением (3.6)

$$D_{ai} = D_g \sqrt{\rho_p}, \quad (3.6)$$

где  $\rho_p$  – плотность частиц.

В газовом анализе пользуются объёмными и массовыми единицами измерения концентрации (содержания) определяемого компонента в смеси. Объёмные единицы измерений показывают долю объёма, занимаемого определяемым компонентом в анализируемой газовой смеси.

Объёмными (относительными) единицами являются проценты (об %), промилле (% об) и число объёмных частей на миллион (об. част.  $10^{-6}$  или vpm).

Массовыми единицами являются либо масса определяемого компонента в единице объёма анализируемой смеси, например миллиграмм на кубический метр, либо безразмерные единицы, определяющие число массовых частей определяемого компонента на миллион (ppm) массовых частей анализируемой газовой смеси.

Объёмные единицы – удобнее массовых и поэтому более распространены в газовом анализе, поскольку относительное, например процентное, содержание определяемого компонента не зависит от давления и температуры газа. При анализе примесных количеств вещества пользуются массовыми единицами (чаще всего  $\text{мг}/\text{м}^3$  и ppm), причём указывают агрегатное состояние примеси.

Соотношения между безразмерными и размерными единицами для некоторых газов следующие:

SO <sub>2</sub>	1 ppm	= 2,7 мг/м <sup>3</sup>
CO	1 ppm	= 1,2 мг/м <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	1 ppm	= 2,1 мг/м <sup>3</sup>
NO	1 ppm	= 1,25 мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	1 ppm	= 2,0 мг/м <sup>3</sup>

Часто при указании концентрации указывается время, в течение которого определяется её среднее значение (час, сутки, год), а также сезон года (лето, осень, зима, весна).

### 3.3.4. Нормирование загрязнения атмосферного воздуха

В качестве основных критериев опасности загрязнения воздуха и для целей нормирования загрязнения обычно используют предельно допустимые концентрации (ПДК) или соответствующие им стандарты качества воздуха, являющиеся санитарными нормами.

**Концентрация предельно допустимая (ПДК)** – норматив – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определённый промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями (комиссиями и др.) (Руководство..., 2004).

В нормативных документах России используют три вида ПДК: **среднесуточную, максимальную разовую и среднегодовую**. Определение величины ПДК основано на токсикологических характеристиках химических веществ и понятиях токсичности.

**Среднесуточная предельно допустимая концентрация ПДК<sub>сс</sub>** – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не оказывает влияния на здоровье человека и его потомство при неограниченно длительном воздействии.

Степень загрязнения воздуха веществами разных классов опасности определяется "приведением" их концентраций, нормированных по ПДК, к концентрациям веществ 3-го класса опасности согласно формулы (3.7) (Критерии ..., 1992):

$$K_{3кл} = K_j^n, \quad (3.7)$$

где  $n$  – коэффициент изоэффективности,  $j$  – класс опасности ( $n=2.3$  для  $j=1$ ;  $n=1.3$  для  $j=2$ ;  $n=0.87$  для  $j=4$ ).

При величинах, нормированных по ПДК, концентраций выше 2,5 для 1-го класса, выше 5 для 2-го класса, выше 8 для 3-го класса и выше 11 для 4-го класса "приведение" к 3-му классу осуществляется путём умножения значений, нормированных по ПДК концентраций, соответственно на 3,2; 1,6; 1 и 0,7.

Если атмосферный воздух загрязнён веществами, относящимися к разным классам опасности, производится расчёт комплексного показателя Р.

Расчёт комплексного показателя Р проводится по формуле (3.8):

$$P = \sqrt{\sum_{i=1, j=1}^{n, j=1} k^{2j}}, \quad (3.8)$$

где корень квадратный из суммы квадратов, нормированных по ПДК концентраций, приведённых к таковым концентрациям веществ 3-го класса,  $i$  – номер вещества.

**Максимальная разовая ПДК<sub>мр</sub>** – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не вызывает заметного раздражения при воздействии на человека в течение 20 – 30 мин.

**Среднегодовые концентрации** загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рассчитывают согласно ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест" или используют данные "Ежегодников о состоянии загрязнения воздуха городов и промышленных центров" за несколько лет, но не менее двух.

Степень загрязнения воздуха рассчитывается с учётом кратности превышения среднегодового *ПДК* веществ, их класса опасности, допустимой повторяемости концентраций заданного уровня, количества веществ, одновременно присутствующих в воздухе, и коэффициента их комбинированного действия.

**Среднегодовые значения *ПДК<sub>ср</sub>*** выражаются через значения среднесуточного *ПДК<sub>сс</sub>* путём умножения среднесуточной на некоторый коэффициент "а" (ф.3.9):

$$ПДК_{ср} = a \cdot ПДК_{сс} \quad (3.9)$$

Значение коэффициента *a* для различных веществ приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Значение коэффициентов *a* для различных веществ

Вещества	Коэффициент "а"
Аммиак, азота оксид, азота диоксид, Бензол, Бенз/а/пирен, марганца диоксид, озон, серы диоксид, сероуглерод, синтетические жирные кислоты, фенол, формальдегид, хлоропрен	1
Трихлорэтилен	0,4
Амины, анилин, взвешенные вещества (пыль), углерода оксид, хлор	0,34
Сажа, серная кислота, фосфорный ангидрид, фториды (твердые)	0,3
Ацетальдегид, ацетон, диэтиламин, толуол, фтористый водород, хлористый водород, этилбензол	0,2
Акролеин	0,1

Помимо этого для санитарной оценки воздушной среды может использоваться показатель *ВДК<sub>рз</sub>* – временно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны (временный отраслевой норматив, действующий 2-3 года).

При наличии *n* загрязняющих веществ соответственно с концентрациями *Q* и предельно допустимыми концентрациями *ПДК<sub>i</sub>* (*i* = 1, 2, ..., *n*) требуется, чтобы выполнялось соотношение (ф. 3.10)

$$Π_0 = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (3.10)$$

Это соотношение является показателем опасности химического загрязнения. Считается, что при *Π<sub>0</sub>*=1 опасности для здоровья не существует и чем эта величина меньше единицы, тем меньше опасность.

При наличии нескольких измерений по какому-либо загрязнителю за определённый период времени (например, за 20 мин или за сутки) для этого загрязнителя рассчитывают стандартный индекс или стандартный приведённый индекс – *СП* (ф. 3.11):

$$СП = \frac{C_{i\max}}{C_{ПДК_i}}, \quad (3.11)$$

где *C<sub>i max</sub>* – максимальная из измеренных за 20 мин (сутки) значений концентрации. мг/м<sup>3</sup>; *C<sub>ПДК<sub>i</sub></sub>* – среднесуточное значение *ПДК* в атмосферном воздухе для данного *i*-того соединения.

Для комплексной оценки уровня химического загрязнения атмосферы используют комплексный индекс среднегодового загрязнения атмосферы (*КИЗА*), который позволяет учитывать вклад в загрязнение нескольких веществ и представить загрязнение одним числом (Муравьев А.Г., 2000). При этом учитывается класс опасности вещества, при чём его фактическая среднегодовая концентрация приводится к степени загрязнения воздуха диоксидом серы, исчисляясь в долях *ПДК* диоксида серы.

Приведение загрязнения воздуха токсикантами к концентрациям диоксида серы обусловлено несколькими причинами. Во-первых, диоксид серы является одним из наиболее распространённых повсеместно химических загрязнителей, приводящих к существенному увеличению заболеваемости людей, в частности заболеваний верхних дыхательных путей. Во-вторых, диоксид серы обладает выраженной токсичностью по отношению к растительности. Он наносит значительный ущерб растительным объектам и

подрывает ресурс биосферы. В-третьих, он обладает сильной коррозионной способностью, разрушает металлы, памятники культуры из мрамора.

В России *КИЗА* используют для обобщения данных мониторинга.

*КИЗА* вычисляют по формуле(3.12):

$$КИЗА = \sum_{i=1}^n \left( q_{ср}^i / ПДК_{ср}^i \right)^{с_i}, \quad (3.12)$$

где  $q_i$  – средняя концентрация  $i$ -го химического загрязнителя;  $ПДК_{ср}^i$  среднесуточная предельно допустимая концентрация;  $n$  – число вредных веществ, учитываемых при вычислении *КИЗА*;  $с_i$  – безразмерная константа приведения степени вредности вещества к степени вредности диоксида серы. В зависимости от степени опасности (1, 2, 3, 4) значения  $с_i$  принимаются соответственно равными 1,7; 1,3; 1,0; 0,9.

Для обеспечения возможности сопоставления данных о загрязнении атмосферы в различных городах *КИЗА* рассчитывают для одних и тех же веществ. Обычно выбирают 4-5 веществ, которые вносят основной вклад в загрязнение атмосферы. В России принято определять *КИЗА* для 5-ти веществ. К числу наиболее распространённых загрязнителей для большинства городов и регионов России, а также других стран мира относят: диоксид серы, взвешенные вещества, оксиды азота, бенз(а)пирен, озон, формальдегид, фенол, свинец и др.

В табл. 3.13 приведены максимальные разовые и среднесуточные *ПДК* для ряда веществ.

Таблица 3.13

Значения среднесуточных и максимальных разовых *ПДК*<sub>мр</sub> (мг/м<sup>3</sup>)

Вещество	Класс вредности	Максимальная разовая <i>ПДК</i> <sub>мр</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	Среднесуточная <i>ПДК</i> <sub>ср</sub> (мг/м <sup>3</sup> )
Азота диоксид	2	0,85	0,04
Азота оксид	3	0,085	0,004
Азотная кислота		0,4	0,4
Аммиак	4	0,2	0,2
Ацетон	–	0,35	0,35
Бензин	–	5	1,5
Бенз(а)пирен	1	–	0,000001
Карбофос		0,015	–
Марганца оксид	2	0,01	0,001
Медь	2	–	0,002
Метиламеркантан	2	9·10 <sup>-6</sup>	–
Мышь-як	2	0,003	0,003
Никель	2	–	0,001
Пыль нетоксичная	3	0,5	0,15
Ртуть металлическая	1	–	0,0003
Сажа (копоть)	3	0,15	0,05
Свинец и его соединения	1	–	0,0003
Серная кислота	2	0,3	0,1
Серы диоксид	3	0,5	0,05
Сероводород	2	0,08	0,008
Сероуглерод	2	0,03	0,005
Соляная кислота		0,2	0,2
Углерода оксид	4	3	1
Уксусная кислота	–	0,2	0,06
Фенол	2	0,01	0,003
Формальдегид	2	0,02	0,003
Фтористый водород	2	0,02	0,005
Фосфора оксид	–	0,15	0,005
Хлор	–	0,1	0,1
Хлорофос	–	0,04	0,02
Хрома оксид	1	0,0015	0,0015
Цинк	3	–	0,05

Следует заметить, что пыль разных производств имеет различные *ПДК*, см. табл. 3.14 (Орлов А.С., 2002).

Таблица 3.14

Таблица 3.14

Значения среднесуточных и максимальных разовых *ПДК<sub>мр</sub>* (мг/м<sup>3</sup>)

Техническая пыль	<i>ПДК<sub>ср</sub></i> (мг/м <sup>3</sup> )	Техническая пыль	<i>ПДК<sub>ср</sub></i> (мг/м <sup>3</sup> )
Лубяная	2	Растительного и животного происхождения (хлопчатобумажная, мучная, зерновая, древесная, шерстяная и др. содержащая до 10% SiO <sub>2</sub> )	4
Льняная	2	То же с содержанием SiO <sub>2</sub> более 10%	2
Люминала и кофейна	1	Хлопкоочистительных заводов, содержащая до 10% свободного SiO <sub>2</sub>	4
Нефтяного и пекового кокса	6	То же с содержанием SiO <sub>2</sub> более 10%	2
Полипропилена	8	–	–
Фторопласта	10	–	–
Полиформальдегида	6	–	–
Полиэтилена	8	–	–
Очистки зерна	900	–	–

Сравнивая приведённые в табл. 3.13 данные, можно заметить, что максимальные разовые *ПДК<sub>мр</sub>* как правило, больше, чем *ПДК* длительного воздействия, однако для ряда веществ они совпадают.

Наряду с *ПДК* важной характеристикой загрязнения в отношении загрязняющих веществ является её ассимиляционная ёмкость.

**Ассимиляционная ёмкость объекта окружающей среды** – это максимальное количество загрязняющего вещества, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы экосистемы в результате процессов самоочищения без нарушения её нормального функционирования.

Для повышения надёжности оценки результатов измерений и исключения случайных величин, используется статистическая обработка материала, позволяющая с учётом вариаций концентраций получить то её значение, которое в 95% случаев будет на уровне или ниже расчетной концентрации (*C<sub>95</sub>*). Кратность превышения (*K*) рассчитывается путём деления *C<sub>95</sub>* на максимальную разовую *ПДК* (*PDK*) (ф. 3.13):

$$K = \frac{C_{95}}{PDK} \quad (3.13)$$

В случае присутствия в атмосферном воздухе веществ, обладающих эффектом суммирования биологического действия, рассчитывается приведённая к одному из суммирующихся веществ концентрация (*C<sub>95пр.</sub>*) по формуле (3.14):

$$C_{95пр.} = C_1 + C_2 \frac{PDK_1}{PDK_2} + C_3 \frac{PDK_1}{PDK_3} + \dots \quad (3.14)$$

Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха для комбинации суммирующих веществ ведется по приведённой концентрации. Рекомендуется приводить сумму таких веществ к веществу, обладающему менее благоприятным классом опасности.

### 3.3.5. Нормирование выбросов в атмосферный воздух

Вредные **выбросы**, поступающие в атмосферу от источников загрязнения, характеризуются количеством вещества, поступающим в единицу времени, объёмом и температурой газовой смеси.

На основе теории турбулентной диффузии примесей в атмосфере и моделирования загрязнения воздуха разработаны методы нормирования выбросов и установлены предельно допустимые выбросы.



**Предельно допустимый выброс (ПДВ)** – это выброс такого количества вещества в атмосферу, при котором в зоне влияния источника загрязнения концентрация вещества с учётом действия других источников и других ингредиентов не превысит значения *ПДК*.

Количество и мощности источников загрязнения могут изменяться по мере развития производства в данном регионе. Поэтому [нормативы ПДВ](#) периодически пересматриваются.

Если предприятие не может уложиться в установленные нормативы, ему могут быть установлены временно согласованные выбросы (*ВСВ*), которые допускают загрязнение окружающей среды сверх нормы в течение строго определённого времени. Это время даётся предприятию для проведения природоохранных мероприятий.

*ПДВ* измеряется в г\*м<sup>3</sup>/час. *ПДВ* является легко контролируемым параметром и поэтому позволяет вести систематический контроль и наблюдения за выбросами, регулировать выбросы, определять требуемую степень их очистки и таким образом обеспечивать достаточную чистоту воздуха в промышленных районах и городах.

[Предельно допустимый выброс ПДВ](#) вредного вещества в атмосферу при повышенной температуре, при котором обеспечивается его допустимая концентрация в атмосферном воздухе, определяют по формуле (3.15):

$$ПДВ = \frac{ПДК \cdot H^2 \cdot \sqrt{V \Delta t}}{A \cdot F_{\text{мх}}}. \quad (3.15)$$

Концентрацию токсиканта при выбросе из трубы с круглым устьем рассчитывают по формуле (Афанасьев Ю.А., 1998) по формуле (3.16):

$$C_{\text{мхх}} = \frac{AM \cdot F_{\text{мх}}}{H^2 \sqrt{V \Delta t}}, \quad (3.16)$$

где *A* – коэффициент, зависящий от условий горизонтального и вертикального рассеяния вредных веществ в атмосферном воздухе ( для центральной части России он равен 120); *M* – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу – г/с; *F* – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (для газообразных соединений и мелкодисперсных аэрозолей он равен 1; для пыли и золы  $\lambda$  зависит от степени очистки  $\lambda$  газовой смеси – при  $\lambda$  равном и более 90 %  $F=2$ , при  $\lambda$  равном или менее 75 %  $F=3$ ; *m, n* – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из источника (трубы): обычно  $m=1$ , но может варьировать от 0,8 до 1,5, *n* изменяется от 1 до 3; *H* – высота трубы над уровнем моря, м;  $\Delta t$  – разность температур выбрасываемой газовой смеси и воздуха; *V* – объём выбрасываемой газовой смеси, м<sup>3</sup>/с.

### **3.3.6. Качество воздушной среды населённых пунктов**

Для населённых пунктов существуют количественно другие нормативы. В табл. 3.15 приведены *ПДК* для некоторых загрязняющих веществ в воздухе населённых пунктов (Оценка..., 1996).

Пространственный масштаб воздействия колеблется в чрезвычайно широких пределах в зависимости от характеристик источников загрязнения и объектов воздействия.

Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ  
в воздухе населённых пунктов, мг/м<sup>3</sup>

Загрязняющее вещество	ПДК среднесуточная	ПДК максимальная разовая	Класс опасности
<b>Основные</b>			
Твёрдые (пыль)	0,15	0,5	3
Диоксид серы	0,05	0,5	3
Диоксид азота	0,04	0,85	2
Оксид азота	0,06	0,4	3
Оксид углерода	3	5	3
<b>Специфические</b>			
Серная кислота		0,3	
Аммиак	0,04	0,2	4
Хлористый водород	0,2	0,2	2
Сероуглерод	0,0005	0,03	2
Бенз(а)пирен	0,000001	–	1
Фенол	0,003	0,01	2
Формальдегид	0,003	0,035	2
Фтористый водород	0,005	0,02	2
Сероводород	–	0,008	2
Метиловый меркаптан	–	$9 \cdot 10^{-6}$	2
Кадмия оксид	0,001	–	2
Кадмий	0,0003	0,000001 (ЕЭС)	1
Ацетон	–	0,35	
Капролактамы	–	0,06	–
Сажа	–	0,15	1
Ртуть	0,0003	–	1
Свинец	0,0003	–	1
Ванадия оксид	0,002	–	–
Марганца оксид	0,001	0,01	2
Медь	0,002	–	2
Никель	0,001	–	2
Мышьяк	0,003	0,003	2
Цинк	0,05	–	3
Хрома оксид	0,0015	0,10015	1

Устанавливаются ПДК<sub>нм</sub> – предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населённых пунктов. Кроме того, в воздухе населённых мест определяют значения среднесуточной ПДК<sub>сс</sub> и максимальные разовые ПДК<sub>мр</sub> (см. табл. 3.16).

Значения среднесуточных и максимальных разовых  $ПДК_{мр}$  ( $мг/м^3$ )

№	Определяемое вещество	ПДК н.м., $мг/м^3$ *	ПДК н.м., $мг/м^3$ **			ВОЗ***, $мг/м^3$	ГЭС****
			опасные	«опасно»	«чрезвычайно опасно»		
1.	Азота диоксид ( $NO_2$ )	0,04				0,15	+
2.	Азота оксид (NO)	0,06	0,085	0,255	0,765		+
3.	Аммиак	0,04	0,2	1,0	5,0		+
4.	Ацетон	0,35					+
5.	Бенз(а)пирен	$1 \cdot 10^{-6}$					
6.	Бензол	0,1					+
7.	Ванадий	0,002				0,001	
8.	1,2-Дихлорэтан	1,0				0,7	
9.	Кадмий	0,001				$10^{-5}$	
10.	Ксилол	0,2					+
11.	Марганец	0,001				0,001	+
12.	Медь	0,002					+
13.	Метанол	0,5					
14.	Метилмеркаптан	$9 \times 10^{-6}$					+
15.	Никель	0,001					
16.	Озон	0,03				0,1	
17.	Пыль (тв. частицы)	0,15	0,15	0,75	3,75		+
18.	Ртуть (метал. и др.)	0,0003	0,0003	0,00054	0,00096	0,0001	+
19.	Сажа	0,05	0,05	0,25	1,25		
20.	Свинец (и его соед.)	0,0003	0,0005	0,00126	0,00224	0,0005	+
21.	Сероводород	0,008	0,008	0,024	0,072	0,15	+
22.	Сероуглерод	0,005	0,005	0,015	0,45	0,1	+
23.	Серная кислота	0,1	0,1	0,3	0,9		
24.	Серы диоксид ( $SO_2$ )	0,05	0,05	0,2	0,38	0,35	+
25.	Синильная кислота	0,01					
26.	Соляная кислота	0,2	0,2	0,6	1,8		+
27.	Стирол					0,8	
28.	Углеводороды (сумма)	0,005	1,5	7,5	37,5		+
29.	Углерода оксид (CO)	3,0	3,0	5,0	25,0	0,1	+
30.	Тетрахлорэтилен					5,0	
31.	Толуол					8,0	
32.	Трихлорэтилен					1,0	
33.	Фенол	0,003	0,01	0,04	0,16		+
34.	Формальдегид	0,003	0,012	0,036	0,108	0,1	+
35.	Фтористые соединения	0,005	0,005	0,015	0,045		+
36.	Фурфурол	0,05					
37.	Хлор	0,03					
38.	Хром (VI)	0,0015					+
39.	Цинка оксид	0,05					+
40.	Этилбензол	0,02					

Примечания. \* по данным Ю.А. Израэля и др. [53]. \*\* по данным Э.А. Арустамова [55]. \*\*\* по данным ВОЗ [54]. \*\*\*\* перечень работ и услуг от 06.09.99 г. [56].

Концентрация загрязняющих веществ от отдельных локальных источников в результате процессов рассеяния и выпадения примесей довольно быстро убывает с расстоянием. Максимальные концентрации отмечаются на расстоянии около 20 высот трубы. Поэтому опасные для здоровья человека концентрации от таких источников наблюдаются, как правило, на площади не более 10-100  $км^2$ . Для хвойных лесов, чувствительность которых к загрязнению атмосферы в несколько раз выше, чем у человека, площадь поражения растительности может достигать 100-1 000  $км^2$ .

При установлении  $ПДК_{ит}$  учитывают, что вещество воздействует круглосуточно и в течение всей жизни на всех людей – взрослых и детей, стариков и беременных женщин, больных и здоровых.

Максимальная концентрация каждого токсичного вещества в атмосфере населённых пунктов не должна превышать максимальной разовой  $ПДК_{мр}$ .

В настоящее время существуют компьютерные программы расчёта загрязнений атмосферы, учитывающие и рельеф местности, и характер застройки, особенности расположения источников выбросов и другие факторы, например по адресу: [http://www.logosoft.ru/prog/eco\\_atm\\_about.htm](http://www.logosoft.ru/prog/eco_atm_about.htm).

Перечень нормативных документов по охране атмосферного воздуха можно найти по адресу: <http://infopravo.by.ru/>.

### **3.3.7. Качество воздушной среды на рабочих местах**

Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола, на котором расположены места постоянного или временного пребывания работающих.

При установлении предельно допустимых концентраций для рабочих мест  $ПДК_{рм}$  учитывают, что в рабочей зоне находятся практически здоровые взрослые люди. Время воздействия вредных веществ ограничено продолжительностью рабочего дня и рабочим стажем.

Применяют также  $ОДК_{рз}$  – ориентировочно допустимую концентрацию химического вещества в воздухе рабочей зоны.

Требования к качеству воздушной среды на рабочих местах включают химические факторы, биологические факторы, аэрозоли фиброгенного действия, аэроионный состав воздуха, а также радиационные излучения и физические факторы (Руководство..., 2005; ГН 2.2.5.1314 – 03; ГН 1.1.725 – 98; ГН 2.2.5.1313 – 03; ГН 2.2.6.-709 – 98; Дополнение 1 к ГН 2.2.6.-709 – 98; ГН 2.2.6.1080 – 01 Дополнение 2 к ГН 2.2.6.-709 – 98; ГН 2.2.5.563 – 96).

Для снижения эффекта воздействия вредных веществ в воздухе используют ограничение времени пребывания людей рабочей зоне. Условия ограничений и соответствующие расчёты приведены в руководстве (Руководство..., 2005).

## **Вопросы к 5й теме: 3.3. Качество воздушной среды**

1. Какие параметры воздушной среды являются основными и какие вспомогательными?
2. Из каких компонентов состоит чистый воздух?
3. Из каких компонентов состоит атмосферный воздух?
4. Охарактеризуйте основные источники загрязнения воздуха.
5. Основные загрязняющие вещества атмосферного воздуха и каково их содержание в воздухе?
6. Что такое максимальная разовая  $ПДК$ ?
7. В каких единицах измеряется загрязнение воздуха твёрдыми частицами и аэрозолями?
8. В каких единицах измеряется концентрация газообразных загрязнителей воздуха?
9. В чём смысл и для каких случаев нормируется загрязнение воздуха?
10. Что такое среднесуточная  $ПДК$ ?
11. Как определяется среднегодовая  $ПДК$ ?
12. Как определяется степень загрязнения воздуха при наличии веществ разного класса опасности?
13. Как определяется  $КИЗА$  для воздуха?
14. Что такое  $ОБУВ$  и как они устанавливаются?
15. Как отличаются нормы загрязнения воздуха для растительности от норм, принятых для человека?
16. Что такое и в каких единицах измеряется  $ПДВ$ ?
17. Чем характеризуются уровни опасности загрязнения воздуха и от чего они зависят?
18. Напишите формулу для определения концентрации вредных веществ при выбросе из трубы и поясните смысл, входящих в него величин.
19. Напишите формулу для определения  $ПДВ$  вредных веществ при выбросе из трубы и поясните смысл, входящих в него величин.
20. Сформулируйте требования к качеству воздушной среды населённых пунктов.
21. Сформулируйте требования к качеству воздушной среды на рабочих местах.
22. Из каких соображений устанавливают  $ПДК$  и  $ОДК$  для рабочих мест?
23. Какие документы нормируют качество воздушной среды?

## Тема 6.

### 3.4. Качество водной среды

Вода является одним из важнейших компонентов окружающей среды. Вода является жизненно необходимым ресурсом для всех живых организмов на земле. Человеческий организм содержит до 80 % воды. Человек может прожить без воды не более 6-7 дней. С точки зрения экологии вода является возобновимым природным ресурсом.

Когда количество загрязняющих веществ невелико, вода самоочищается благодаря химическим и биологическим процессам, действию растительных и живых организмов, обитающих в воде. Когда же количество загрязняющих веществ чрезмерно возрастает или когда они не разлагаются в воде, они аккумулируются в воде, растительности и в организмах водных обитателей и изменяют физические, химические и биологические характеристики воды.

На сегодняшний день основными источниками воды для людей являются озёра, реки и подземные источники, доля которых не так уж и велика. Во многих регионах мира существует большой дефицит чистой воды.

#### **3.4.1. Состав и характеристики воды**

Вода ( $H_2O$ ) – химическое соединение водорода (11,11 %) с кислородом (88,89 %). При образовании воды с одним атомом кислорода соединяется два атома водорода (Унифицированные..., 1986). На самом деле вода представляет собой смесь соединений водорода ( $H_2O$ ), дейтерия ( $D_2O$ ) и трития ( $T_2O$ ) с кислородом. Соединение дейтерия с водородом называют тяжёлой водой, а трития – сверхтяжёлой. Тритий является радиоактивным изотопом. Количество тяжёлой и сверхтяжёлой воды очень мало и их извлечение из воды является очень дорогостоящим процессом.

Важное свойство воды – её способность растворять различные вещества, поэтому в океанах и морях, реках и озерах, подземных водах в том или ином количестве обнаружены почти все известные науке химические элементы. Вода также взаимодействует со многими веществами, при этом происходит химическое или физическое её связывание. Связи эти получаются различной прочности и поэтому для их разрушения иногда достаточно небольшого изменения внешних условий, например температуры.

Определённое изменение физических свойств воды происходит под воздействием внешних полей, таких как электрическое, магнитное, ультразвуковое. Вода обладает информационной памятью. Во всех религиях существует ритуал освящения воды. Однако какие свойства воды при этом изменяются, наука до сих пор установить не может (Бурдыкин Б., 2007; Эмото Е., 2006)..

Вода обладает высоким поверхностным натяжением, а также смачиванием, т.е. способностью прилипать к поверхностям многих твёрдых тел и высоко подниматься по капиллярам, что играет огромную роль для циркуляции вод в почве, движения соков в растениях и кровообращении.

При 0 °С вода замерзает. При замерзании объём воды увеличивается и, если вода оказалась в какой-нибудь ёмкости, то эта ёмкость будет разрушена или деформирована. Это свойство воды играет важную роль в природе и используется человеком. При температуре выше 0 °С вода начинает испаряться, а при 100 °С закипает и превращается в пар. Следует иметь в виду, что испаряется чистая вода и это позволяет получать дистиллированную воду.

Благодаря этим свойствам существует круговорот воды в природе (рис. 3.7).

Вода испаряется с поверхностей океанов, морей, озёр, болот и рек, из листьев растительности, выделяется в виде пота, выдыхается из лёгких и поднимается в атмосферу. Когда концентрация паров в атмосфере достигает определённого уровня и создаются благоприятные условия, вода проливается на землю в виде дождя.



Рис. 3.7. Круговорот воды в природе

Вследствие загрязнения воздуха дождь не является таким же чистым, как пары воды. Дождевая вода содержит ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , а также  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  и другие, растворы органических соединений, пыль и все другие загрязнители, которые присутствуют в атмосферном воздухе.

### 3.4.2. Загрязнение водной среды

Источники загрязнения воды те же, с которыми мы уже познакомились: промышленность, аграрный сектор, транспорт, энергетика, население.

**Загрязнение вод** – изменение состава или свойства вод, вызванное прямым или косвенным влиянием производственной и бытовой деятельности человека, в результате чего они становятся не пригодными для одного или нескольких видов водопользования.

Формирование химического состава природных вод определяют в основном, две группы факторов:

- **прямые факторы**, непосредственно воздействующие на воду, которые могут либо обогащать воду полезными веществами, либо наоборот загрязнять её: хозяйственная деятельность человека, естественные природные процессы, живые организмы и растения;
- **косвенные факторы**, определяющие условия, при которых в воде протекают процессы: гидрогеологические условия, рельеф, климат и др. (см. табл. 3.17).

Загрязняющие вещества поступают в водоёмы в жидком, твёрдом, коллоидном, эмульгированном и газообразном виде.

Большое количество загрязняющих веществ попадает в воду и почвы через атмосферу и с осадками; со стоками во время дождей и таяния снега. Под влиянием загрязнений в водных объектах происходят **первичные, вторичные и третичные изменения** ([загрязнение вторичное](#), загрязнение третичное).

### 3.4.3. Показатели качества водной среды

Для оценки качества вод, степени их чистоты или загрязнённости и возможности водопользования для тех или иных нужд применяются три группы показателей качества воды: физико-химические, биологические и органолептические (табл. 3.17).

К **физико-химическим показателям качества воды** относятся: содержание в ней солей, металлов, сухой остаток, жёсткость, кислотность.

Характеристики качества вод

Физико-химические	Биологические	Органо-лептические
Сухой остаток	Число бактерий	Запах
Мутность	Число микроорганизмов	Вкус
Химические вещества	Органические вещества	Цвет
Жёсткость	Биологическая	Прозрачность
Температура	потребность кислорода	
Растворённый кислород		
Химическая потребность кислорода		

Биологические показатели качества характеризуют количество бактерий и микробов, количество органических примесей, биологический показатель качества (БПК).

**Органолептические показатели качества воды** – это её вкус, цвет, запах, прозрачность.

Показатели качества вод, используемых для разных нужд, имеют существенные различия.

### 3.4.3.1. Физико-химические показатели качества воды

Охарактеризуем более подробно физико-химические показатели качества воды.

**Сухой остаток воды** – это соли и вещества, которые остаются после её выпаривания. В воде источника и питьевой воде он не должен превышать 1 000 мг на литр. Более высокое содержание солей, если оно не обусловлено геологическими особенностями, даёт основание полагать, что соли поступают в водоём вместе с промышленными стоками.

**Мутность** определяют с помощью мутномера, в котором исследуемую воду сравнивают с эталонным раствором, приготовленным из инфузорной земли или каолина на основе дистиллированной воды. Мутность воды выражают в мг/л взвешенного вещества.

Жёсткость воды зависит от содержания солей кальция и магния, главным образом двууглекислых. Различают три вида жёсткости: общую, постоянную и устранимую.

**Общая жёсткость воды** – это жёсткость сырой воды, обусловленная содержанием всех соединений *Ca* и *Mg*, независимо от того, с какими анионами они связаны.

**Постоянная жёсткость** – это жёсткость воды после одночасового кипячения, зависящая от присутствия солей *Ca* и *Mg*, не дающих осадка при кипячении (сульфаты и хлориды).

**Устранимая жёсткость** – это жёсткость воды, которая устраняется при кипячении, что связано с превращением бикарбонатов в нерастворимые соединения (монокарбокаты), которые выпадают в осадок.

Жёсткость измеряется в градусах или миллиграмм-эквивалентах.

**За один градус жёсткости** принимается количество солей *Ca* и *Mg* эквивалентное 10 мг *CaO*, в одном литре воды:

1° жёсткости = 10 мг *CaO* в литре воды;

1 мг экв *CaO* – 28 мг/л *CaO*;

1 мг экв *CaO* с 2,8° жёсткости.

Мягкой считается вода, имеющая жёсткость менее 10°, т.е. менее 100 мг *CaO* в 1 литре воды, умеренно жёсткой – от 10° до 20°, жёсткой – более 20°.

Очень жёсткая вода может оказывать на желудок человека послабляющее действие. Косвенное влияние жёсткой воды состоит в худшей усвояемости организмом пищи: овощей, мяса, бобовых, которые плохо провариваются в жёсткой воде. При использовании жёсткой воды в промышленности происходит быстрое засорение труб осадками.

Важнейшим показателем качества воды является её кислотность или pH. Кислотность характеризует активность и определяется концентрацией ионов водорода. Чем меньше значение показателя, тем более кислой является вода.

Концентрация ионов водорода в дистиллированной воде при температуре 25°C равна  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/л.

pH равно десятичному логарифму величины обратной активности иона водорода и рассчитывается по формуле (3.17):

$$pH = -\log V(H^+), \quad (3.17)$$

где  $V(H^+)$  есть концентрация ионов водорода (моль/л).

pH атмосферной воды находится в пределах от 5 до 6 ед. pH. Под влиянием абсорбированных углекислого газа, окислов серы и азота (особенно в промышленных районах) атмосферная вода может становиться кислой и её pH понижается до 4 – 5 ед. pH. Для питьевой воды, как видно из табл.3.18, показатель pH находится в пределах от 6,5 до 8,5 ед. pH. Кислую реакцию вода приобретает при загрязнении её промышленными и другими сточными водами, содержащими кислоты и их соли.

Количество растворённого кислорода зависит от температуры воды и барометрического давления. В чистых открытых водоёмах при температуре + 5+15°C содержание кислорода составляет 3 – 6 мг/л, при сильном загрязнении оно снижается до нуля за счёт поглощения его водной фауной и загрязняющими воду органическими веществами.

Таблица 3.18

Шкала кислотности

pH	0	1	2	3	4	5	6	7
концентрация $H^+$ , моль/л	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$

pH	8	9	10	11	12	13	14
концентрация $H^+$ , моль/л	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$	$10^{-13}$	$10^{-14}$

**Косвенными показателями** является окисляемость воды, характеризующая химической потребностью кислорода (**ХПК**), и биологической потребностью кислорода (**БПК**).

**ХПК** характеризует расход кислорода на окислительно-восстановительные процессы в воде, обусловленные её загрязнением химическими веществами (без учёта его расхода на биологические процессы, т.е. процессы, связанные с потреблением кислорода живыми организмами).

### 3.4.3.2. Биологические показатели качества воды

Биологические показатели качества воды можно разделить на прямые и косвенные. Прямые показатели – это общее число бактерий и количество кишечных палочек. Загрязнение микрофлорой характеризуется так называемый микробным числом, т.е. количеством бактерий в 1 мл воды.

**Загрязнение кишечной палочкой** выражается **коли-индексом**, определяющим количество кишечных палочек в 1 мл воды. Их значения для питьевой воды приведены в табл. 4.34. При эффективном обеззараживании в водопроводной воде микробное число не превышает 100 в 1 мл. В воде артезианских скважин оно не превышает 10-30, в воде незагрязнённых колодцев 300 – 400, а в воде сравнительно чистых водоёмов 1 000-1 500 в 1 мл. Коли-индекс после обеззараживания питьевой воды должен быть не более 3, в артезианских скважинах – менее 2, в колодцах – не более 10.

Окисляемость воды косвенно указывает на общее содержание в ней свежих органических веществ (мочевины, аминокислот и т.п.) и характеризуется биологической потребностью кислорода (**БПК**).

С ростом концентрации органических веществ в воде окисляемость повышается. Для артезианских вод окисляемость не превышает 2 – 4 мг/л  $O_2$  для открытых водоёмов – 4 – 7 мг/л  $O_2$ .

**БПК** характеризует загрязнение воды источника нестойкими органическими веществами. Существует способ учёта потребления кислорода за определённый срок хранения воды.

За критерий оценки **биохимической потребности кислорода** принимают величину уменьшения количества растворённого в воде кислорода в течение пяти суток при температуре + 20 °C (**БПК<sub>5</sub>**).



В воде водоёмов с чистой водой за этот срок содержание кислорода уменьшается не более чем на 1 – 2 мг/л. В воде сильно загрязнённых источников через пять суток отмечается полное исчезновение кислорода.

Коэффициент накопления в гидробионтах  $K_n$  определяют по формуле (3.18)

$$K_n = \frac{C_{\text{гидробионт}}}{C_{\text{вода}}}, \quad (3.18)$$

где  $C_{\text{гидробионт}}$  – концентрация в гидробионтах;  $C_{\text{вода}}$  – концентрация в воде.

При оценке состояния водных экосистем достаточно надёжными показателями являются характеристики состояния и развития всех экологических групп водного сообщества.

Из гидробиологических показателей качества в России нашёл наибольшее применение **индекс сапробности водных объектов**, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне). Индекс сапробности определяют по формуле (3.19)

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (3.19)$$

где  $s_i$  – значение сапробности гидробионта, которое задаётся специальными таблицами,  $h_i$  – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);  $n$  – число выбранных индикаторных организмов.

### 3.4.3.3. Органолептические показатели качества воды

К основным **органолептическим показателям воды** относятся запах, вкус, прозрачность и цвет воды.

**Запах воды** определяется при обычной температуре и при нагревании до 60 °С. Качественно запах характеризуется как: "хлорный", "землистый", "болотный", "нефтяной", "ароматический", "непреодолимый" и т.п. Качественно запах оценивается по пятибалльной системе, которая является общепринятой также для обозначения запаха воздуха, вкуса и запаха воды и пищевых продуктов (табл. 3.19).

Таблица 3.19

Таблица 3.19

Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

Баллы	Интенсивность запаха и привкуса	Характеристика интенсивности
0	Нет	Отсутствие ощущения запаха или привкуса
1	Очень слабый	Запах или привкус не поддающиеся охарактеризованию, но определяемые в лаборатории опытным путём
2	Слабый	Запах или привкус, не привлекающие внимания потребителя но обнаруживаемые, если обратить на них внимание
3	Заметный (средний)	Запах или привкус, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде неодобрительно
4	Отчётливый (сильный)	Запах и привкус, привлекающие внимание и делающие воду неприятной для питья
5	Очень сильный	Запах и привкус настолько сильны, что делают воду непригодной для питья

**Вкус воды** определяется только при уверенности, что она безопасна (отсутствуют ядовитые вещества и бактериальное загрязнение). Вкус характеризуют как: солоноватый, горький, кислый, сладкий. Говорят также, что вода имеет привкус: рыбный, металлический, неопределённый и т.д. Интенсивность привкуса оценивают в баллах. При определении привкуса и вкуса воды ею ополаскивают рот (примерно 10 мл) и не проглатывают.

**Прозрачность воды** определяют по печатному шрифту Снелла. Исследуемую воду взбалтывают и доверху наливают в бесцветный цилиндр, имеющий по высоте градуировку в сантиметрах и слабо-наклонный книзу отвод с краном. Дно цилиндра прозрачное. Шрифт подкладывают под дно цилиндра и пробуют различить буквы сквозь столб воды. Высота столба в сантиметрах указывает на степень прозрачности. Прозрачность воды характеризует наличие в ней взвешенных веществ и служит важным признаком её доброкачественности. Питьевая вода должна иметь прозрачность не менее 30 см.

По цвету вода определяется как бесцветная, слабо-жёлтая, буроватая и т.п. путём сравнения профильтрованной воды с равным объёмом дистиллированной окрашенной воды (не менее 40 мл).

### **Вопросы к бй теме: 3.4. Качество водной среды**

1. Что представляет собой чистая вода и каковы её основные свойства?
2. Что такое загрязнение воды и каковы его последствия?
3. Какие показатели качества называются физико-химическими и каковы их значения для различных видов воды?
4. Что такое кислотность, окисляемость, жёсткость, растворённый кислород?
5. Как влияют на качество воды примеси металлов, солей, кислот, аммиака; фтор, органические вещества?
6. Что такое *ХПК*, *БПК*, *БПК<sub>5</sub>*?
7. Что такое микробное число и коли-индекс?
8. Каковы основные органолептические показатели качества воды и как они определяются?
9. Как вы оцениваете вкус воды?
10. Какие запахи вы считаете приятными и какие неприятными?
11. Как вы оцениваете, какую часть мироощущения теряет человек, когда перестаёт ощущать запахи?
12. Какую роль играют запахи в мире животных и растений?
13. Как определяется индекс сапробности?
14. Что такое индекс разнообразия и как он определяется?

#### **3.4.4. Общие требования к качеству вод**

Под качеством понимается характеристика состава и свойств воды, определяющих её пригодность для конкретных видов водопользования.

Качество [питьевой воды](#) должно отвечать следующим гигиеническим требованиям: вода должна иметь приятный вкус, быть прозрачной, бесцветной, без посторонних запахов, иметь постоянный химический состав, не содержать ядовитых веществ, радиоактивных загрязнений, яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Содержание химических веществ не должно превышать установленных норм.

Для источников водоснабжения нормы качества определены такими документами, как ГОСТ 2761 – 84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора", ГОСТ 17.1.3.03 – 77 (стандарт СФ 1924 – 79) 30 "Охрана природы. Гидросфера. Правила выбора и оценка качества источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения".

Общие требования к качеству вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения устанавливает СанПиН 2.1.4.559-96 и СанПиН 2.1.5.980-00 (табл. 3.20).

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей (СанПиН 2.1.5.980-00)

Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Запахи и вкусы	Вода не должна приобретать запахи и вкусы интенсивностью более 2-х баллов, обнаруживаемые непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	
Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л	
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм <sup>3</sup> взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5 % Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску задерживаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике воды 20 см	Не должна обнаруживаться в столбике воды 10 см
Температура	Летняя температура в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой в самый жаркий месяц за последние 10 лет	
Водородный показатель pH	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5	
Минерализация воды	На должна превышать по сухому остатку 1 000 мг/л, том числе: хлоридов 350 мг/л сульфатов 500 мг/л	
Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня	
Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Биологическая потребность кислорода БПК <sub>5</sub>	При 20 °С не должна превышать 3 мгО <sub>2</sub> /л	При 20 °С не должна превышать 6 мгО <sub>2</sub> /л
Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглаз, токсокар, фасциол), ооцисты тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 25 л воды	
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
Термоустойчивые колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100 мл**	Не более 100 КОЕ/100 мл
Общие колиформные бактерии**	1 000 КОЕ/100 мл**	500 КОЕ/100 мл
Колифаги**	Не более	
	10 БОЕ/100 мл**	10 БОЕ/100 мл
Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии	$\Sigma(A_i/T_i) \leq 1$	

**Примечания:\*** Содержание в воде взвешенных веществ не природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается.

**\*\*** Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.

Как видим, общие требования включают характеристики, относящиеся к различным видам показателей.

В таблице 3.21 приведены требования к водным объектам, используемым для рыбохозяйственных целей.

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей

Показатели	Категории водопользования	
	Воды I категории	Воды II категории
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться плёнки нефтепродуктов	
Окраска, запахи привкусы	Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их рыбе	
Взвешенные вещества*	По сравнению с природными условиями содержание взвешенных частиц не должно увеличиваться при сбросе сточных вод более чем на:	
	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водотоков, содержащих в межень более 30 мг/дм <sup>3</sup> взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5% Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоёмов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Температура	Не должна повышаться по сравнению с естественной температурой более чем на 5°С, допускается общее повышение температуры не более чем на 20 °С летом и до 5°С зимой для водных объектов, в которых обитают холоднокровные рыбы (лососевые и сиговые), и не более чем на 28,5°С летом и до 8°С зимой – для остальных водных объектов В местах нерестилищ налива запрещается повышение температуры воды зимой более чем на 2°С	
Водородный показатель рН	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5	
Растворённый кислород	В зимний (подлёдный) период не должен быть ниже:	
	6 мг/л	4 мг/л
Биохимическая потребность кислорода <i>БПК<sub>5,20</sub></i>	При 20 °С не должна превышать 3 мгО <sub>2</sub> /л. Если в зимний период содержание растворённого кислорода в воде водных объектов I категории рыбохозяйственного назначения снижается до 6 мг/л, а II категории – до 4 мг/л, то допускается сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК	
Ядовитые вещества	Не должны содержаться в количествах, оказывающих прямо или косвенно вредное воздействие на рыб и водные организмы, служащие кормовой базой для них	

Как видим общие требования к составу и свойствам вод, используемых для рыбохозяйственных целей являются более жёсткими, чем для вод культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения. Это объясняется тем, что при употреблении в пищу рыб за счёт биоаккумуляции в организм человека могут попадать не допустимые количества токсичных веществ.

### 3.4.5. Нормирование загрязнения воды

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта допустимых показателей её состава и свойств, которые обеспечивают безопасность для здоровья населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК) веществ в воде** – это такая концентрация вещества, при превышении которой она становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК<sub>в</sub>) веществ в воде водоёма хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования** – это концентрация вредного вещества в воде,

которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК<sub>вр</sub>) веществ в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей** – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Для целей рационального нормирования Министерством природных ресурсов РФ установлены следующие виды водопользования:

- **хозяйственно-питьевое водопользование.** К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПин 2.1.4.559-96 питьевая вода должна быть безопасно в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства;
- **культурно-бытовое водопользование.** К культурно-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящиеся в черте населённых мест, независимо от вида их использования объектами для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов;
- **рыбохозяйственное водопользование.** Рыбохозяйственное водопользование связано с ловом и разведением рыб и других обитателей водной среды.

**ПДК** в воде для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (**ПДК<sub>б</sub>**) устанавливаются с учётом трёх показателей вредности:

- **санитарно-токсикологического;**
- **санитарного (общесанитарный);**
- **органолептического.**

**ПДК** в воде для рыбохозяйственного водопользования (**ПДК<sub>вр</sub>**) устанавливаются с учётом пяти показателей вредности:

- **санитарно-токсикологического;**
- **санитарного;**
- **органолептического;**
- **токсикологического;**
- **рыбохозяйственного.**

**Санитарно-токсикологический** показатель характеризует вредное воздействие на организм человека.

**Санитарный (общесанитарный)** показатель определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счёт биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры.

**Органолептический** показатель вредности характеризует способность вещества изменить органолептические свойства воды.

**Токсикологический** показатель определяет токсичность вредных веществ для живых организмов, населяющих водный объект.

**Рыбохозяйственный** показатель вредности определяет порчу качества промысловых рыб.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым ограничивающим признаком вредности и с учётом загрязнителей, поступивших в водные объекты от других источников загрязнения, сумма отношения концентраций  $C_i$  каждого из веществ в водном объекте к соответствующим ПДК не должна превышать единицы, т.е. (ф. 3.20):

$$P_{ов} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (3.20)$$

Смысл показателя опасности  $P_{ов}$  для водных объектов тот же, что и для воздуха (см. ф. 3.20).

В реальных условиях вредное воздействие может оказаться гораздо более пагубным, чем то, которое определено простым суммированием за счёт образования новых более токсичных веществ при химических реакциях или за счёт усиления эффекта при повышенной температуре.

Наиболее часто для оценки качества водных объектов используют **гидрохимический индекс загрязнения воды ИЗВ** (Справочные..., 1999).

**Индекс загрязнения воды** обычно рассчитывают по 6-ти – 7-ми показателям, которые можно считать гидрохимическими. Такие показатели как концентрация растворённого кислорода, показатель кислотности рН, биологическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub> являются обязательными:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i / ПДК_i}{N}, \quad (3.21)$$

где  $C_i$  – концентрация загрязняющего вещества;  $N$  – число показателей, используемых для расчёта индекса;  $ПДК_i$  – величина установленная для соответствующего типа водного объекта.

$ПДК$  ряда вредных веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового приведены в табл. 3.22. Для воды установлены  $ПДК$  почти для 1000 веществ.

Таблица 3.22

ПДК вредных веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л

Вещество	ЛПВ	ПДК
Алюминий	С.-т.	0,5
Алюминия оксидгидрид	Орг.	1,5
Аммиак (по азоту)	С.-т.	2
Анилин	»	0,1
Ацетон	Общ.	2,2
Ацетофенон	С.-т.	0,1
Бензпирен	»	0,000005
Бензин	Орг.	0,1
Бензол	С.-т.	0,5
Бериллий	»	0,0002
Бор	»	0,5
Бром	»	0,2
Висмут	»	0,1
Гексахлорбензол	»	0,05
Диметиламин	»	0,1
Дифторхлорметан (фреон)	»	10
Диэтиловый эфир	Орг.	0,3
Железо	»	0,3
Изопрен	»	0,005
Кадмий	С.-т.	0,001
Карбофос	Орг.	0,05
Керосин:	»	
окисленный	Орг.	0,01
осветительный (ГОСТ 4753—68)	»	0,05
технический	»	0,001
Кислота:		
бензойная	Общ.	0,6
дифенилуксусная	»	0,5
масляная	»	0,7
муравьиная	»	3,5
уксусная	»	1,2
Кислоты жирные синтетические C5 — C20	»	0,1
Марганец	Орг.	0,1
Медь	»	1
Метанол	С.-т.	3
Молибден	»	0,25
Мочевина	Общ.	1
Нафталин	Орг.	0,01
Нефть:		
Многосернистая	»	0,1
прочая	»	0,3
Нитраты:		
по NO <sub>3</sub>	С.-т.	45
по NO <sub>2</sub>	»	3,3
Нитроглицерин	»	0,1
Нитроацетат	»	0,1
Ртуть	»	0,0005
Свинец	»	0,03
Сероуглерод	Орг.	1
Силицид	»	0,2
Сульфиды	Общ.	Отсутствуют
Тетраэтилсвинец	С.-т.	»
Трибутилфосфат	Орг.	0,01
Формальдегид	С.-т.	0,05
Фосфор элементарный	»	0,0001
Цианиды, в пересчете на циан	С.-т.	0,1
Цинк	Общ.	1
Этил	Орг.	0,5
Этилнитрат	С.-т.	1
Этилнитрат	Орг.	0,2



Требования к качеству воды в водоёмах, используемых для разведения рыбы, в большинстве случаев более жёсткие, чем для объектов хозяйственно-питьевого назначения. Например, для рыбохозяйственных водоёмов ПДК на содержание нефтепродуктов ниже в 6 раз, тяжёлых металлов в 100 раз и т.д. (Табл. 3.23).

*Примечание:* – интервалы ПДК: в числителе - для питьевых; в знаменателе - для вод хозяйственного назначения.

Правилами охраны вод от загрязнения запрещено сбрасывать в водные объекты сточные воды, для которых ПДК не установлены.

Как видно из приведённых данных, требования к качеству воды зависят от вида водопользования.

Наименее жёсткие требования предъявляются к воде, предназначенной для промышленного водопользования.

Очень жёсткие требования предъявляются к санитарному состоянию воды, используемой в животноводстве (табл. 3.24), поскольку заражение животных через воду и развитие эпизоотий причиняют огромный вред народному хозяйству и очень опасны для людей (Орлов Д.С. и др., 2002).

Таблица 3.24

ПДК минеральных примесей в воде, предназначенной для поения скота (Орлов Д.С. и др., 2002)

Видовые и возрастные группы животных	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Общая жёсткость, мг/л
Крупный рогатый скот	2400	600	800	18
	1800	400	600	14
Свиньи	1200	400	600	14
	1000	350	500	13
Овцы	5000	2000	2400	45
	3000	1500	1700	30
Лошади	1000	400	500	15
	1000	350	500	12

Нарастающие масштабы водопотребления во всем мире приводят, к стремительному росту сброса промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых сточных вод во внутренние водоёмы и моря. С целью обеспечения норм качества воды в водоёмах устанавливаются предельно допустимые сбросы.

**Предельно допустимый сброс вещества в водный объект** – масса вещества в сточных водах, максимально-допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте (Охрана природы, 1987).

Нормы сброса для водопользователей устанавливаются с учётом ПДК, ассимилирующей способности водного объекта, распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями данного водного объекта.

**Сточные воды** очень загрязнены и представляют собой мутную, дурно пахнущую жидкость. Окисляемость бытовых стоков составляет от 35 до 220 мг/л кислорода, БПК<sub>5</sub> – от 185 до 600 мг/л, коли-индекс – до 1 млн кишечных палочек в 1 мл, до 1000 яиц аскаридов в 1 мл. В них также могут быть возбудители кишечных инфекций, тифа, холеры и т.п. Ещё более опасны производственные сточные воды. Сточные воды различных производств сильно отличаются друг от друга по составу и кроме загрязнений, характерных для бытовых вод могут содержать токсические вещества – соединения мышьяка, цианиды, яды и т.п.

Следует принять во внимание, что для промышленных сбросов требуется в среднем 30-кратное их разбавление чистой водой, чтобы загрязнение водоёма не превышало допустимых норм.

Многие реки мира в настоящее время загрязнены выше всяких норм, Можно назвать р. Потомак в США, которую называют сточной канавой, Рейн и Дунай в Европе, Волга в России.

Сегодня в Волгу поступает 20 кубокилометров сточных вод в год. Для их разбавления "до нормы" требуется 600 кубокилометров чистой воды, а среднегодовой сток Волги составляет только 250. Отсюда можно сделать вывод, что воды Волги более чем в 3 раза "грязнее", чем это допускается. От этих загрязнений страдает не только Волга, но и Каспийское море, в которое она впадает.

Проблема сохранения вод является комплексной и включает в себя рациональное водопользование, очистку сточных вод от загрязнений, развитие безотходных технологий, систем замкнутого водопотребления. Наряду с этими проблемами и для их решения необходимы приборы и системы контроля качества воды.

### **Вопросы к 7й теме:** **3.4.4. Общие требования к качеству вод**

1. Какие требования предъявляются к качеству воды и от чего они зависят?
2. Сформулируйте требования к воде водных объектов, предназначенных для рыбохозяйственных целей.
3. Что такое *ПДК* вредных веществ в воде?
4. *ПДК* вредных веществ в воде водоёмов, предназначенных для рыбохозяйственных целей.
5. *ПДК* вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.
6. Что такое водопользование и какие его виды существуют?
7. Хозяйственно-питьевое водопользование.
8. Культурно-бытовое водопользование.
9. Рыбохозяйственное водопользование.
10. По каким показателям вредности устанавливают *ПДК* для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и по каким – для рыбохозяйственных целей?
11. Перечислите показатели вредности и дайте их определение.
12. Напишите формулу для определения степени безопасности при наличии в воде нескольких вредных веществ.
13. Что такое индекс загрязнения воды и как он определяется?
14. Как определяется индекс сапробности водных объектов?
15. Сравните *ПДК* для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и для рыбохозяйственных целей.
16. Что такое предельно допустимый сброс?
17. Каковы основные показатели качества сточных вод?
18. Что такое *ЛХЗ* и как он рассчитывается?

## **Тема 8.**

### **3.5. Качество почв**

#### ***3.5.1. Состав и характеристики почв***

Почва представляет собой самый верхний выветренный слой земной коры, где имеется растительность, и состоит из неорганической и органической частей, содержащих воду и воздух, а также почвенные микроорганизмы (Черных Н.А., 2002; Черных Н.А., 2005).

Почва образуется и развивается под влиянием почвообразующих факторов, включающих климат, рельеф местности, растительный и животный мир.

Почва и растительность, животные и микроорганизмы взаимообуславливают друг друга и взаимопроникают в сложных экологических системах (биогеоценозах), образуя почвенно-экологическую систему мира. Почва, являясь продуктом биоценоза, в процессе формирования на протяжении миллионов лет обогащается энергией и веществами, получаемыми ею от растительных, живых и погибших организмов. В почве накапливаются органические ([гумус](#)) и минеральные вещества, создающие плодородие почв.

Плодородие, т.е. способность давать растениям всё необходимое для их роста и получения урожая, является важным свойством почвы. Оно зависит от самой почвы и её характеристик, а также от деятельности человека, обрабатывающего почву, и от человека, использующего почву для различных хозяйственных и бытовых целей.

Существует большая угроза разрушения сельскохозяйственных и лесных почв из-за антропогенного воздействия.

#### ***3.5.2. Пути попадания экзогенных химических веществ из почвы в организм***

Существуют различные пути попадания экзогенных веществ из почвы в организм человека: прямой контакт с почвой – заглатывание и вдыхание почвенной пыли, поступление через кожу, загрязняемую почвенной пылью при ручных и механизированных работах, ходьба босиком, ручная прополка, игра детей с песком и т.п.; опосредованные пути при миграции токсичного вещества по экологическим цепям: почва – воздух – человек – миграционно-воздушный путь; почва – вода – человек – миграционно-водный путь; почва – растение – человек – фито-аккумуляционный путь; почва – растение – животное – человек и т.п. или суммарно по всей цепям (см. рис. 3.8).



Рис. 3.8. Пути попадания химических веществ в организм человека из почвы

### 3.5.3. Загрязнение почв

Загрязнение почвы – попадание в почву различных химических веществ, токсикантов, отходов сельскохозяйственного и промышленного производства, коммунально-бытовых предприятий в количествах, превышающих их обычное содержание, необходимое для участия в круговороте почвенных биологических систем.

Химические вещества, попадающие в почву в виде загрязнений, называют экзогенными химическими веществами (ЭХВ).

Много внимания уделяется проблеме загрязнения почв тяжёлыми металлами, которые негативно влияют на почвенные процессы, снижают плодородие почв и качество сельскохозяйственной продукции (Черных Н.А., Овчаренко М.М., 2002). Большой вклад в загрязнение окружающей среды, вообще и почв в частности, вносит автотранспорт (Сарбаев В.И., 2004; Денисов В.Н., Роголёв В.А., 2004).

Повышенное содержание свинца обнаружено в непосредственной близости от автомобильных шоссе. В верхнем слое почвы (от 0 до 10 см) на расстояниях до 10 м от шоссе содержание свинца достигает 775 мг/кг (рис. 3.9). Это загрязнение обусловлено выхлопными газами автомобилей, сжигающих бензин с тетраэтилом свинца (Рэуце К., 1986).

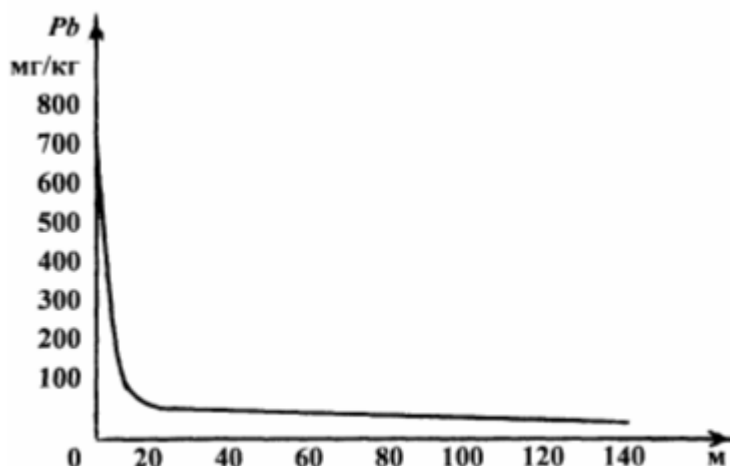


Рис. 3.9. Содержание свинца в почве (0 - 10 см) вблизи шоссе Киселефф (Бухарест) (Рэуце К., 1986)

С автомобильным транспортом связывают также загрязнение почвы кадмием. Так, в центре Бухареста содержание кадмия составляет 4 до 6 мг/кг, а к периферии оно снижается до 1 – 2 мг/кг при нормальном содержании его до 1 мг/кг и максимально допустимом 3 мг/кг ( табл. 3.23).

Экзогенные вещества, попадая в почву, оказывают вредное влияние не только на человека, но и на растительность. Так, румынские исследователи провели обследование почв вокруг металлургического предприятия по переработке цветных и редких металлов и обнаружили значительные площади, загрязненные тяжёлыми металлами (свинец, медь, цинк, марганец). Загрязнения произошли путём переноса паров этих металлов воздушными потоками, при этом интенсивность загрязнения почв свинцом в некоторых районах достигла 380 мг/кг. Установлено, что в зонах загрязнения почв более 3000 мг/кг – долина Феркезиу – растительность почти отсутствует (Рэуце К., 1986). По мере удаления от источника загрязнения, где содержание свинца снижается до 200 мг/кг, состав растительности становится разнообразнее, в зонах, где содержание свинца снижается до 150 мг/кг травостой становится достаточно богатым. Но в таких местах ещё нельзя пасти скот, так как согласно табл. 4.43, это превышает ПДК для растений. В местах, где содержание свинца достигает 2 000 – 5 000 мг/кг, сначала погибают рожи, а потом леса.

Загрязнение почвы пестицидами играет всё более пагубную роль и вызывая большую тревогу ввиду их большой подвижности в круговороте веществ в природе, большой стойкости и способности накапливаться в почве, растениях и в организмах животных.

В табл. 3.25 приведены ПДК для некоторых пестицидов.

Таблица 3.25

ПДК пестицидов в почве, мг/кг воздушно-сухой почвы  
(гигиенические нормативы, 1997)

Вещество	ПДК	Вещество	ПДК
Атразин	0,01	Малатион	2,0
Базудин	0,1	Металаксил	0,05
Бетанол	0,25	Пириимифосметил	0,5
2,4 Д (кислота)	0,1	Прометрин	0,5
2,4 Д (дихлор фенол)	0,05	Ронит	0,8
2,4 Д (аминная соль)	0,25	Севин	0,05
2,4 Д (бутиловый эфир)	0,15	Симазин	0,2
2,4 Д (кроциловый эфир)	0,15	Трихлорфон (хлорофос)	0,5
2,4 Д (октиловый эфир)	0,15	Фталофос	0,1
Карбофуран	0,01	Хлорпирифос	0,2

### 3.5.4. Нормирование загрязнения почв

Нормирование загрязнения почв представляет собой чрезвычайно сложную задачу. С одной стороны, существуют десятки типов почв, сильно отличающихся по как по составу, так и по структуре. Основными типами почв принято считать: песчаные, дерново-подзолистые, луговые, солонцы, черноземные, красноземные. Они подразделяются на большое число подвидов.

Почва представляет собой среду с очень сложным химическим составом и сложной структурой. Почвенная среда обладает гораздо меньшей подвижностью, чем поверхностные воды и атмосфера, в ней циркулируют подземные воды, она медленно аккумулирует вредные вещества в течение длительного времени. С другой стороны, активная работа почвенных микроорганизмов способствует трансформации, деградации и миграции поступающих в почву вредных веществ. Таким образом, ПДК загрязняющих веществ в почвах зависят не только от их химических свойств и токсичности, но и от особенностей самих почв.

Почвы, в силу своих природных свойств, способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) населённых пунктов определяется с одной стороны возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, с другой стороны непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

**Предельно допустимая концентрация ЭХВ в почве** – это такое максимальное его количество (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного

через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

Химические вещества из почвы различными путями попадают в организм человека. Они оказывают вредное влияние на состояние самой почвы, на органолептические показатели атмосферного воздуха, воды и пищевых продуктов, поэтому загрязнённость почвы тем или иным веществом оценивается несколькими показателями вредности. Рассмотрим их более подробно.

**Токсикологический показатель вредности** характеризует степень опасности для здоровья людей при суммарном воздействии ЭХВ почвы на человека всевозможными путями.

Под пороговой концентрацией ЭХВ в почве по токсикологическому показателю вредности понимают такое его количество в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы), при котором поступление этого вещества в организм человека при непосредственном контакте с почвой, по одному или многим путям миграции не оказывает прямого или отдалённого действия на здоровье популяции (населения).

**Миграционно-воздушный показатель вредности** учитывает поступление ЭХВ из почвы в атмосферный воздух с почвенной пылью, с водными парами и другими носителями. При этом за пороговую концентрацию по этому показателю вредности принимают то содержание ЭХВ в почве (в мг/кг абсолютно сухой почвы), при котором среднесуточное поступление вещества в атмосферный воздух не приведёт к превышению установленной для него среднесуточной ПДК в атмосферном воздухе.

**Миграционно-водный показатель вредности** характеризует процессы миграции ЭХВ в поверхностные и грунтовые воды. Пороговой концентрацией по этому показателю вредности является то его максимальное количество в почве, при котором поступление химического соединения в грунтовые воды и открытые водоёмы с поверхностным стоком не создаёт концентраций, превышающих ПДК для воды водоёмов.

**Фитоаккумуляционный (транслокационный) показатель вредности** характеризует процесс миграции химического вещества из почвы в культурное растение и накопления его в фитомассе товарной части растения, используемой в качестве продуктов питания. Под пороговой концентрацией по этому показателю вредности понимают то количество химического вещества в почве, при котором накопление этого вещества фитомассой товарных частей к моменту сбора урожая не превысит установленных для продуктов питания допустимых концентраций (ПДК). С учётом миграции вредных веществ в сельскохозяйственную продукцию устанавливают ПДК для почв сельскохозяйственного назначения.

**Органолептический показатель вредности** характеризует изменение запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха воды и пищевых продуктов. Под пороговой концентрацией по органолептическому показателю вредности понимают то максимальное количество ЭХВ в почве, которое не влияет на органолептические свойства атмосферного воздуха, воды и продуктов питания, полученных из растений, выросших на этой почве.

**Общесанитарный показатель вредности** характеризует изменение биологической активности почвы, определяющее самоочищение почвы от ЭХВ. Под пороговой концентрацией ЭХВ по этому показателю вредности понимают то его максимальное количество (мг/кг абсолютно сухой почвы), которое вызывает на 5-7-е сутки, как изменение общей численности почвенных микроорганизмов, так и численности микроорганизмов основных физиологических групп не более чем на 50%, а также ферментативной активности почвы не более чем на 25 % по сравнению с аналогичными показателями контрольных проб.

ПДК для ряда химических веществ в почве, действующие в настоящее время в Российской Федерации приведены в табл. 3.23.

При определении предельно допустимых концентраций химических веществ в почве определяют пороговые концентрации по всем рассмотренным показателям вредности и принимают в качестве ПДК наименьшее значение (см. табл. 3.26).

Пороговые концентрации по отдельным показателям вредности  
и ПДК ЭХВ в почве (Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. 1996)

ЭХВ	Пороговые концентрации по показателям вредности, мг/кг						ПДК, мг/кг
	Общесанитарный	Миграционный	Миграционный в воздушный	Фитоаккумуляционный	Органолептический	Токсикологический	
Гардона	5,0	10,0	20,0	1,4	1,4	2,8	1,4
ГПХ	1,5	0,1	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05
Дихлор	10,0	50,0	10,0	0,5	1,5	2,0	0,5
Цинк	5,0	2,5	48,0	1,8	10,0	3,6	1,8

В таблице 3.27 приведены ПДК некоторых веществ в почве, установленные с учётом показателей вредности.

Таблица 3.27

Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (Методические указания, 1987)

Наименование вещества	Форма, содержание	ПДК, мг/кг почвы с учётом фона	Показатели вредности (К <sub>max</sub> )				Класс опасности
			Транспозиционный К <sub>1</sub>	Миграционный		Общесанитарный К <sub>4</sub>	
				Водный К <sub>2</sub>	Воздушный К <sub>3</sub>		
Медь	Подвижная	3,0	3,5	72,0	–	3,0	2
Хром	»	6,0	6,0	6,0	–	6,0	2
Никель	»	4,0	6,7	14,0	–	4,0	2
Цинк	»	23,0	23,0	200,0	–	37,0	1
Кобальт	»	5,0	25,0	>1000,0	–	5,0	2
Фтор	Водорастворимая	10,0	10,0	10,0	–	25,0	1
Сурьма	Валовое содержание	4,5	4,5	4,5	–	50,0	2
Марганец	»	1500,0	3500,0	1500,0	–	1500,0	3
Ванадий	»	150,0	170,0	350,0	–	150,0	3
Марганец + ванадий	»	1000,0 + 100,0	1500,0 + 150,0	2000,0 + 200,0	–	1000,0 + 100,0	3
Свинец	»	30,0	35,0	260,0	–	30,0	1
Мышьяк	»	2,0	2,0	15,0	–	10,0	1
Ртуть	»	2,1	2,1	33,0	–	5,0	1
Свинец + ртуть	»	20,0 + 1,0	20,0 + 1,0	30,0 + 2,0	–	50,0 + 2,0	1
Хлористый калий	»	560,0	1000,0	560,0	1000,0	5000,0	3
Нитраты	»	130,0	180,0	130,0	–	225,0	2
Бенз(а)пирен	»	0,02	0,2	0,5	–	0,02	1
Бензол	»	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0	2
Толуол	»	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0	2
Изопропилбензол	»	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0	1
Альфа метилстирол	»	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0	2
Стирол	»	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0	2
Ксилол	»	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0	2
<i>Сернистые соединения:</i>							
сероводород	»	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0	3
элементарная сера	»	160,0	180,0	380,0	–	160,0	3
серная кислота	»	160,0	180,0	380,0	–	160,0	1
Отходы флотации угля	»	3000,0	9000,0	3000,0	6000,0	3000,0	2
Комплексные гранулированные удобрения	»	120,0	800,0	120,0	800,0	800,0	3



Примечание: ПДК могут корректироваться в соответствии с действующими нормативным документами.

Химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю химического загрязнения ( $Z_c$ ).

Суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ ) характеризует степень химического загрязнения почв обследуемых территорий различных классов опасности. Данный показатель определяется как сумма коэффициентов концентраций отдельных компонентов загрязнения по формуле (3.23):

$$Z_c = K_{c1} + \dots + K_{cn} - (n - 1), \quad (3.23)$$

где  $n$  – число определяемых элементов;  $K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего компонента, равный частному от деления массовой доли  $i$ -го вещества в загрязнённой и "фоновой" почве для тяжёлых металлов.

Для получения данных о региональных фоновых уровнях загрязнения должны быть отобраны фоновые пробы почв вне сферы локального антропогенного воздействия. Отбор фоновых проб производится на достаточном удалении от поселений (с наветренной стороны), не менее чем в 500 м от автодорог, на землях (лугах, пустошах), где не осуществлялось применение пестицидов и гербицидов. При отсутствии фактических данных по регионально-фоновому содержанию контролируемых химических элементов в почве, допускается использование справочных материалов или ориентировочных значений, приведённых в таблице 3.28.

Для загрязняющих веществ не природного происхождения коэффициент концентрации определяют как частное от деления массовой доли загрязняющего вещества к его ПДК.

Таблица 3.28

Фоновые содержания валовых форм тяжёлых металлов и мышьяка в почвах (мг/кг) ориентировочные значения для средней полосы России)

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Чернозёмы	68	0,24	20	0,20	25	25	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2
Серозёмы	58	0,25	18	0,12	18	12	40	4,5

К дополнительным показателям экологического состояния почв селитебных территорий относятся генотоксичность и показатели биологического загрязнения (число патогенных микроорганизмов, коли-титр и содержание яиц гельминтов).

В табл. 3.29 приведены основные и дополнительные критерии экологической оценки состояния почв населённых пунктов.

Таблица 3.29

Критерии экологического состояния почв селитебных территорий

№ п/п	Показатели	Норма
	Основные показатели:	
1	Суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ )	менее 16
	Дополнительные показатели	
1	Содержание яиц гельминтов в 1 кг почвы	отсутствие
2	Число патогенных микроорганизмов в 1г почвы	менее $10^4$
3	Коли-титр*	более 1,0
4	Генотоксичность почвы (рост числа мутаций по сравнению с контролем), число раз	до 2

*Примечание: \* – коли-титр для почвы – наименьшая масса почвы в г, в которой содержится 1 кишечная палочка.*

Загрязнение почвы обычно определяется с помощью аналитических лабораторных методов. Лишь в некоторых случаях загрязнение, например радиоактивное, исследуется приборным способом на месте.

## **Вопросы к 8й теме: 3.5. Качество почв**

1. Что собой представляет почва каковы её основные характеристики и значение?
2. Что такое загрязнение почвы и чем оно обусловлено?
3. Какими путями загрязняющее вещество попадает в почву?
4. Что такое предельно-допустимая концентрация экзогенных химических веществ в почве?
5. Что такое токсикологический фито-аккумуляционный, органолептический, общесанитарный, миграционно-воздушный и миграционно-водный показатели вредности?
6. Как определяется ПДК веществ в почве?
7. Насколько опасны загрязнения почвы и каких уровней они могут достигать за счёт транспорта (промышленных предприятий, горнодобывающих предприятий, строительной индустрии, химических предприятий, теплоэлектростанций, сельскохозяйственной деятельности)?

## **Тема 9.**

### **3.6. Радиоактивные загрязнения окружающей среды**

Особо пристальное внимание в последние годы вызывают [радиоактивные загрязнения](#) окружающей среды.

Радиоактивные вещества способны заражать воздух, почву, воду, продукты и т.д., попадать в организмы, вследствие чего являются очень вредными для всего живого, и особенно для человека.

Ионизирующие излучения существовали и существуют в природе за счёт естественной радиоактивности и космического излучения. Уровни естественных излучений не опасны для человека, так как его организм на протяжении тысячелетий адаптировался к ним.

Загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами происходит прежде всего за счёт испытания атомных бомб. За период с 1945 г. проведено более 2000 взрывов, из которых около половины в свободной атмосфере. Другим опасным источником являются выбросы радиоактивных веществ при авариях на АЭС. Кроме того, радиоактивные воды АЭС поступают в реки, а радиоактивные отходы захораниваются. Определённая часть радиоактивных веществ попадает в окружающую среду при проведении научных исследований и использовании изотопов в технике.

Основной критерий, характеризующий степень радиологической безопасности человека, проживающего на загрязнённой территории – среднегодовое значение эффективной дозы.

Единицей эффективной дозы является Зиверт (Зв). Для оценки общих последствий облучения населения в случае проживания на загрязнённой территории используется коллективная эффективная доза, которая представляет собой произведение средней эффективной дозы по группе людей на число индивидуумов в этой группе.

Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) рекомендована в качестве предела дозы облучения населения – доза, равная 1 мЗв/год (0,1 бэр/год).

К основным путям облучения человека, которые должны учитываться при оценках реальных эффективных доз, относятся: внешнее облучение от гамма-излучающих радионуклидов в радиоактивном облаке, внешнее облучение от аэрозольных выпадений, внутреннее облучение по пищевым цепочкам и по ингаляционному пути.

Радиационная безопасность населения в Российской Федерации обеспечивается законодательными и нормативно-правовыми документами. Законодательство о ядерной и радиационной безопасности объединяет правовые акты различной юридической силы: законы, постановления правительства, указы президента, акты субъектов федерации и ведомственных органов.

Основными законами, гарантирующими радиационную безопасность населения являются Закон "Об использовании атомной энергии" и закон "О радиационной безопасности населения".

**Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии"** (с изм. и доп. от 10 февраля 1997 г.) определяет правовую основу и принципы регулирования отношений, возникающих при использовании атомной энергии, направлен на защиту здоровья и жизни людей, охрану окружающей среды, защиту собственности при использовании атомной энергии, призван способствовать развитию атомной науки и техники, содействовать укреплению международного режима безопасного использования атомной энергии.

Статья 2 закона определяет, что основными принципами и задачами правового регулирования в области использования атомной энергии являются: обеспечение безопасности при использовании атомной энергии – защита отдельных лиц, населения и окружающей среды от радиационной опасности; доступность информации; участие граждан, коммерческих и некоммерческих организаций (далее – организации), иных юридических лиц в обсуждении государственной политики, проектов федеральных законов и иных правовых актов Российской Федерации, а также в практической деятельности в области использования атомной энергии; возмещение ущерба, причиненного радиационным воздействием.

Правовое регулирование отношений, возникающих при осуществлении всех видов деятельности в области использования атомной энергии, базируется на системе государственного управления использованием атомной энергии и системе государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Этот закон определил жёсткие требования к должностным лицам и персоналу ядерных объектов и установил ответственность за правонарушения в этой области, что должно привести к снижению аварийности ядерных установок и источников ионизирующего излучения и в итоге к оздоровлению радиологической обстановки на территории России.

**Федеральный закон от 09 января 96 г. № 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения"** определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

"Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения" (*Статья 1*).

"Граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, проживающие на территории Российской Федерации, имеют право на радиационную безопасность". (*Статья 22*).

Одним из важнейших факторов обеспечения радиационной безопасности населения является её государственное нормирование.

*Статья 9. Государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности*

"1. Государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется путём установления санитарных правил, норм, гигиенических нормативов, правил радиационной безопасности, государственных стандартов, строительных норм и правил, правил охраны труда, распорядительных, инструктивных, методических и иных документов по радиационной безопасности. Указанные акты не должны противоречить положениям настоящего Федерального закона.

2. Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы в области обеспечения радиационной безопасности утверждаются в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, федеральным органом исполнительной власти по санитарно-эпидемиологическому надзору.

Устанавливаются следующие основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Российской Федерации в результате использования источников ионизирующего излучения:

для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 Зв или эффективная доза за период жизни (70 лет) – 0,07 Зв; в отдельные годы допустимы большие значения эффективной дозы при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,001 Зв;

для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 Зв или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) – 1 Зв; допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 0,05 Зв при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,02 Зв".

Такие дозы облучения население получает при проживании на территориях не подвергавшихся [радиоактивному загрязнению](#) .

Для загрязнённых территорий допускается проживание населения при загрязнении: до 1 Ки/км<sup>2</sup> по цезию-137, до 0,3 Ки/км<sup>2</sup> по стронцию 90 и до 0,1 Ки/км<sup>2</sup> по плутонию-239.

В условиях России основным источником экологического права являются подзаконные нормативные акты такие, как указы Президента РФ, постановления правительства РФ, ведомственные акты, нормативные акты субъектов Российской Федерации и другие акты.

Деятельность территориальных природоохранных органов на местах, предприятий природопользователей и предприятий использующих атомную энергию и осуществляющих другие виды деятельности с применением радиоактивных материалов и ионизирующих излучений, а также населения проживающего на радиоактивно загрязнённых территориях, основывается, кроме рассмотренных государственных законов и постановлений, на многочисленных нормативно-методических ведомственных документах.

Основным документом устанавливающим допустимые нормы облучения населения и персонала, нормы содержания радионуклидов в естественной среде и в техногенно загрязнённой среде, в воде, воздухе и продуктах питания устанавливают нормы радиационной безопасности НРБ-99. Порядок выполнения требований законов и НРБ-99 устанавливают Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2000).

Уделим внимание некоторым положениям НРБ.

"1. Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путём установления системы ограничений на [облучение](#) населения от отдельных природных источников излучения.

2. При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объёмная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений  $ЭРО_{Rn} + 4,6*ЭРО_{Th}$  не превышала 100 Бк/м<sup>3</sup>, а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

3. В эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объёмная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе жилых помещений не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>. При более высоких значениях объёмной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма - излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

4. Эффективная удельная активность ( $A_{эфф}$ ) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.), не должна превышать:

– для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (1 класс):

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K \leq 370 \text{ Бк/кг},$$

где  $A_{Ra}$  и  $A_{Th}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов,  $A_K$  – удельная активность К-40 (Бк/кг);

– для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (2 класс):

$$A_{эфф} \leq 740 \text{ Бк/кг},$$

– для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (3 класс):

$$A_{эфф} \leq 1,5 \text{ кБк/кг}.$$

При  $1,5 \text{ кБк/кг} < A_{эфф} \leq 4,0 \text{ кБк/кг}$  (4 класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом госсанэпиднадзора. При  $A_{эфф} > 4,0 \text{ кБк/кг}$  материалы не должны использоваться в строительстве.

5. При содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу меньше 0,1 мЗв за год, не требуется проведения мероприятий по снижению её радиоактивности. Этому значению дозы при потреблении воды 2 кг в сутки соответствуют средние значения удельной активности за год (уровни вмешательства – УВ).

Уровень вмешательства для Rn в питьевой воде составляет 60 Бк/кг".

При обращении с почвами, твёрдыми строительными, промышленными и другими отходами, содержащими гамма-излучающие радионуклиды Главным Государственным Санитарным врачом РФ Беляевым Е.Н. постановлением № 01 19/5-11 от 05.06.92 г. введены "Временные критерии по принятию решений при обращении с почвами, твердыми строительными, промышленными и другими отходами, содержащими гамма-излучающие радионуклиды".

Временные критерии предназначены для регулирования использования отходов промышленности для нужд хозяйственного строительства (табл. 3.30)

Временные критерии

Объект исследования	Меры вмешательства	Обращение с отходами
Загрязнение почвы, строительные, промышленные и другие отходы с мощностью экспозиционной дозы (МЭД): п.1 от 10 до 30 мкР/ч	Проводится тщательное дозиметрическое обследование территории. При отсутствии участков с МЭД выше указанной в п. 1 никаких мер вмешательства не требуется.	—
От 30 до 100 мкР/ч	Проводятся дезактивационные работы. Уровень МЭД после работ не должен превышать величин, указанных в п. 1.	Загрязненные материалы используются для засыпки ям, оврагов и т.д., строительства дорог вне населенных пунктов с последующей рекультивацией этих мест. МЭД после рекультивации не должна превышать величин, указанных в п. 1.
От 100 до 300 мкР/ч	Проводятся дезактивационные работы. Уровень МЭД после работ не должен превышать величин, указанных в п. 1.	Загрязненные материалы вывозятся на полигоны промышленных и бытовых отходов с выделением для их размещения участков или организация специально отделенных мест с последующей рекультивацией. МЭД после рекультивации не должна превышать величин, указанных в п. 1.
Свыше 300 мкР/ч	Проводятся дезактивационные работы. Уровень МЭД после работ не должен превышать величин, указанных в п. 1.	Образовавшиеся РАО вывозятся на специализированные пункты захоронения радиоактивных отходов согласно правилам по обращению с радиоактивными отходами.

*Примечания: 1 – Во всех случаях приводятся уровни МЭД над естественным фоном, присущим заданной местности. Все измерения МЭД проводятся на расстоянии 10 см от поверхности измеряемого объекта.*

Временные критерии предназначены для регулирования использования отходов промышленности для нужд хозяйственного строительства.

## Вопросы к теме 9:

### 3.6. Радиоактивные загрязнения окружающей среды

1. Что представляют собой и чем обусловлены радиоактивные загрязнения окружающей среды?
2. Какие виды радиоактивных излучений существуют и какова их опасность для человека?
1. Что такое экспозиционная доза, поглощённая доза, эквивалентная доза и в каких единицах они измеряются?
2. Что такое коэффициент качества излучения и для чего он используется?
5. Что такое предельно допустимая доза излучения?
6. Что такое предел дозы?
1. Какие уровни ПДД и ПД допустимы и для каких групп населения?
2. Как определяется и от чего зависит полученная эквивалентная доза облучения?
3. Как осуществляется согласно НРБ-99 ограничение техногенного облучения?

4. Как осуществляется согласно НРБ-99 ограничение природного облучения?
5. На какие виды радиационного воздействия распространяются требования НРБ-99?
6. Какими правилами следует руководствоваться при обращении с почвами, твёрдыми строительными материалами, содержащими гамма-излучающие радионуклиды?

### практическое занятие № 3

#### **Тема: расчёт поступления химических веществ в организм человека**

Задача 3.1. Рассчитать хроническую дневную дозу  $I$  поступления химического вещества (аммония) в организм взрослого человека ингаляционным путём.

Количество вещества, поступающего в организм ингаляционным путём рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED \times RR \times ABS}{BW \times AT}$$

Концентрация аммония в точке воздействия  $C = 5,5 \cdot 10^{-3}$  мг/м<sup>3</sup>.

Количество смеси, поступающей в организм за день определим, взяв объём воздуха вдыхаемого за 1 час из табл. 5.6:

$$CR = 0.83 \text{ м}^3/\text{час} \cdot 24 \text{ час} = 19.92 \text{ м}^3/\text{день}.$$

Частота поступления или контакта в течение года  $EF = 365$  дней.

Продолжительность воздействия или экспозиции для не канцерогенных веществ согласно табл. 5.6:  $ED = 30$  лет.

Вес тела взрослого человека  $BW = 70$  кг.

Полное число дней экспозиции  $AT = 365$  дней  $\cdot$  30 лет.

Коэффициент сохранения и коэффициент абсорбции:

$$RR = ABS = 1.$$

$$I = \frac{5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 19,92 \cdot 365 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1}{70 \cdot 365 \cdot 30} = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг} \cdot \text{день}$$

Задача 3.2. Рассчитать хроническую дневную дозу  $I$  поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм взрослого человека ингаляционным путем.

Задача 3.3. Рассчитать хроническую дневную дозу  $I$  поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм взрослого человека при дермальном контакте.

Дневное поступление вредного вещества в организм человека при дермальном контакте определяют по формуле:

$$I_d = \frac{C \times S \times DA \times RR \times ABS \times SM \times EF \times ED \times k}{BW \times AT}$$

Концентрация бензидина в точке воздействия  $C = 3,50$  мг/кг.

Примем, что площадь открытого кожного покрова, на которую попадает пыль составляет 20 %. Площадь кожного покрова взрослого человека согласно табл 5.6 составляет 18 150 см<sup>2</sup>. Тогда площадь кожи подверженной воздействию будет определена как:

$$S = 0.20 \cdot 18\ 150 = 3\ 630 \text{ см}^2.$$

Количество пыли оседающей на одном квадратном сантиметре кожи  $DA = 0.51$  мг/см<sup>2</sup>\* день.

Коэффициент абсорбции вредного вещества кожным покровом  $ABS = 0.06$ .

Коэффициент эффективности, показывающий что только 15 % вредного вещества, содержащегося в пыли, воздействует на кожный покров  $SM = 0.15$ .

Частоту поступления или контакта в течение года примем  $EF = 312$  дней/год.

Продолжительность воздействия или экспозиции примем:  $ED = 1$  год.

Вес тела взрослого человека  $BW = 70$  кг.

Полное число дней экспозиции  $AT = 365$  дней \* 70 лет.

Коэффициент приведения веса, вводимый для приведения размерности формулы к необходимому виду  $k = \text{кг}/10^6$  мг.

Задача 3.4. Рассчитать хроническую дневную дозу  $I$  поступления канцерогенного вещества (бензидина) в организм ребенка при дермальном контакте.

## Термины и определения к 3-й главе

**Антропогенный** (anthropogenic) – обусловленный влиянием человека.

**Антропогенный объект** – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Антропогенные факторы** – факторы, обусловленные влиянием деятельности человека на окружающую среду и приводящие к изменению состава и режима атмосферы, рек, морей, океанов, а также почв, нарушению состава и структуры экосистем.

**Антропогенный фоновый уровень** (anthropogenic background levels) – концентрация вредных веществ в окружающей среде, обусловленная деятельностью человека.

**Атмосфера** – газообразная оболочка планеты – воздух, окружающий Землю и вращающийся вместе с ней, состоящий у земной поверхности из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Атмосферу подразделяют на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Единица измерения давления воздуха – атмосфера (атм), уравнивается столбом ртути высотой 760 мм при температуре 0°C. По международной системе единиц (СИ) 1 атм = 101,325 кПа.

**Бентос** – совокупность организмов, обитающих на дне водоёмов.

**Благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Вода питьевая** – вода, для которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах питьевого водоснабжения.

**Вода промышленная** – вода, компонентный состав и ресурсы которой достаточны для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах (Экологический словарь, 1993).

**Вода техническая** – вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной. пригодная для использования в народном хозяйстве (Экологический словарь, 1993).

**Водный кадастр** – систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. Содержит данные учёта вод по количественным и качественным показателям, их потреблению и использованию. Составляется по регионам и бассейнам (Государственный водный кадастр) (Экологический словарь, 1993).

**Водопользование** – порядок, условия и формы использования водных ресурсов: 1– использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства; 2 – использование воды в хозяйственных или бытовых целях без отвода её из водотока, путём “пропускания через себя” (например, гидроэлектростанцией или водяной мельницей); возможно водопользование без изменения качества воды (очень редко) и с изменением её качества (в том числе видового состава животного и растительного мира) (Экологический словарь, 1993).

**Водопотребление** – потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения. Водопотребление с возвращением забранной воды в водотоки и безвозвратное водопотребление, расходуемое на фильтрацию, испарение и т.п. (Экологический словарь, 1993).

**Воды сточные:** 1 – воды, бывшие в производственном, бытовом или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшие через какую-либо загрязнённую территорию, в т.ч. населённого пункта



(промышленные, сельскохозяйственные, коммунально-бытовые и т. п. стоки); 2 – воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека (Экологический словарь, 1993).

**Воздух** – смесь газов, из которых состоит газовая оболочка, окружающая земной шар. В составе В., кроме постоянных составных частей атмосферы, содержатся различные примеси природного и антропогенного происхождения. Среди постоянных составных частей воздуха основное значение имеет кислород, необходимый для дыхания всем живым существам за исключением немногих анаэробных организмов. Единственным процессом восстановления нормального содержания кислорода в атмосфере является фотосинтез.

**Вред окружающей среде** – негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов (7-ФЗ, 2002).

**Выброс** – кратковременное или за определённое время (час, сутки) поступление в окружающую среду от группы предприятий, предприятия или человека любых загрязнителей. Различают: 1 – выброс от отдельного источника; 2– суммарный выброс на площади населённого пункта, региона, государства или группы государств, планеты в целом (Экологический словарь, 1993).

**Выброс залповый** – единовременный концентрированный выброс значительного количества загрязняющих веществ в окружающую среду (Экологический словарь, 1993).

**Выброс предельно допустимый (ПДВ)** – объём (количество) загрязняющего вещества за единицу времени, превышение которого ведёт к неблагоприятным последствиям в окружающей природной среде или опасно для здоровья человека (ведёт к превышению предельно допустимых концентраций – ПДК – в окружающей источник загрязнения среде (Экологический словарь, 1993).

**Гербициды** – вещества, применяемые для уничтожения растений, особенно сорняков, путём опрыскивания, опыления и внесения в почву. Употребление ядовитых (например, пентахлорфенолата натрия) или очень стойких гербицидов (например, производных триазонов) может приводить к нежелательным последствиям и их использование должно строго контролироваться (Экологический словарь, 1993).

**Гумус** – совокупность специфических и неспецифических органических веществ почвы (не включает живые организмы и их остатки, не утратившие тканевое строение).

**Доза (Dose)** – количество вещества, полученного субъектом – человеком или животным.

**Доза** – основная мера экспозиции, характеризующая количество химического вещества, воздействующее на организм (Руководство..., 2004).

**Допустимая доза (Reference dose – RfD)** – величина непрерывного воздействия на людей через дыхательные пути, включая особо чувствительные подгруппы, которая, по-видимому, не создает заметного риска вредных не раковых последствий в течение срока жизни.

**Допустимая концентрация (Reference concentration – RC)** – величина ежедневного воздействия на людей, включая особо восприимчивые подгруппы, которая, по-видимому, не создаёт заметного риска вредных не раковых последствий в течение срока жизни.

**Естественный радиационный фон** – доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределённых в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека (О радиационной безопасности..., 1996).

**Зависимость “доза-ответ”** – корреляция между уровнем экспозиции (дозой) и долей экспонированной популяции, у которой развился специфический эффект (Руководство..., 2004).

**Зависимость “доза-эффект”** – связь между дозой и степенью выраженности эффекта в экспонированной популяции (Руководство..., 2004).

**Зависимость “экспозиция-ответ”** – связь между воздействующей дозой (концентрацией), режимом, продолжительностью воздействия и степенью выраженности, распространённости изучаемого вредного эффекта в экспонируемой популяции (Руководство..., 2004).

**Загрязнение окружающей среды** – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду (7-ФЗ, 2002).

**Загрязнение биологическое** – проникновение (случайное или благодаря деятельности человека) в экосистемы или технические устройства видов животных и растений, чуждых данным сообществам и устройствам; – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов.

**Загрязнение биотическое** – распространение определённых, как правило, нежелательных с точки зрения людей, биогенных веществ (выделений мертвых тел и т.п.) на территории, где они ранее не наблюдались.

**Загрязнение вторичное** – образование (синтез) опасных загрязнителей в ходе химических процессов.

**Загрязнение естественное** – загрязнение, возникшее в результате природных, как правило, катастрофических процессов (например, мощного извержения вулкана и т.п.), вне всякого влияния человека на эти процессы; – загрязнение атмосферы, обусловленное природными процессами.

**Загрязнение катастрофические** – естественное (например, выброс пепла вулкана) или антропогенное загрязнение, приводящее к крайне неблагоприятным последствиям в какой-то сфере хозяйства, ухудшающее здоровье человека или состояние окружающей природы.

**Загрязнение радиоактивное** – форма физического загрязнения; связанного с превышением естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ.

**Загрязнение радиоактивное** – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные НРБ-99 .

**Загрязнитель химический** – изменение естественных химических свойств среды, превышающее среднесуточные колебания каких-либо веществ для рассматриваемого периода, или проникновение в среду веществ в концентрациях, превышающих норму.

**Загрязняющее вещество** – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду (7-ФЗ, 2002).

**Источник излучения техногенный** – источник ионизирующего излучения специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности (НРБ-99).

**Источник ионизирующего излучения** – радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которое распространяется действие НРБ-99.

**Источник радионуклидный закрытый** – источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нём радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан (НРБ-99).

**Кадастр** – систематизированный свод данных, включающий качественную количественную опись объектов и явлений, в ряде случаев с их социально-экономической оценкой.

**Канцерогенез** – многостадийный процесс, включающий три основные стадии: инициация (мутационные процессы в клетке), промоция (преобразование инициированных клеток в опухолевые) и прогрессия (приобретение клетками злокачественных свойств).

**Канцероген** (Carcinogen) – вещество или физический агент, способный вызвать возникновение и развитие злокачественных новообразований. Большинство канцерогенов имеют антропогенное происхождение.

**Канцерогенный потенциал (показатель канцерогенности, фактор наклона, фактор канцерогенного потенциала, SF)** – мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95

% доверительная граница наклона зависимости "доза-ответ" в нижней линейной части кривой. Единица измерения:  $1/(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день}))$  или  $(\text{мг}/\text{кг}\cdot\text{день})^{-1}$  (Руководство..., 2004).

**Канцерогенный риск** – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска (Руководство..., 2004).

**Канцерогенный эффект** – возникновение новообразований при воздействии факторов окружающей среды (Руководство..., 2004).

**Катастрофа** – внезапное бедствие, событие, влекущее за собой тяжёлые последствия; теория катастроф – иначе катастрофизм – теория, выдвинутая знаменитым французским палеонтологом Ж. Кювье, который, основываясь на том, что каждому геологическому отрезку времени соответствуют свои виды животных и растений, пришёл к ошибочному заключению о грандиозных многократных катастрофах на Земле в прошлом, вызывавших гибель всего животного и растительного мира, который каждый раз возрождался заново; эволюционное учение показало несостоятельность теории катастроф.

**Качество окружающей среды** – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью (7-ФЗ, 2002).

**Компоненты природной среды** – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле (7-ФЗ, 2002).

**Контрольный уровень** – это уровень показателей загрязнения окружающей среды и изменений здоровья населения, наблюдаемые в течение длительного периода (5-10 лет) на специально выбранной территории (территории с равными прочими условиями жизни – природно-климатическими, социально-экономическими и т.д., но отличающаяся отсутствием искомых вредных факторов, т. е. экологически благополучная территория).

**Концентрация предельно допустимая (ПДК)** – норматив – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определённый промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями (комиссиями и гл.).

**Коэффициент опасности (HQ)** – отношение воздействующей дозы химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия.

**Критерий экологический** – признак, на основании которого проводится оценка, определение или классификация экологических систем, процессов и явлений. Экологический критерий может быть природозащитным, антропоэкологическим и хозяйственным.

**Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов** (далее также – лимиты на выбросы и сбросы) – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Максимальная терпимая доза** (Maximum tolerated dose –  $M_{td}$ ) – наивысшая доза токсиканта, вызывающая токсические последствия, не приводя к смерти, при хроническом воздействии и не уменьшающая веса тела больше, чем на 10%.

**Максимальный уровень загрязнения** (Maximum contaminant level –  $M_{cl}$ ) – максимальная концентрация загрязнителя в питьевой воде, допустимая по закону США.

**Минерализация** – полное разложение органических веществ почвы до конечных простых продуктов, в числе которых преобладают углекислый газ, вода, оксиды азота, фосфора и серы, а также некоторые простые соли. Минерализация органического вещества почв ведёт к потере почвами гумуса.

**Наименьший уровень воздействия, при котором наблюдается вредный эффект (Lowest Observed Adverse Effect Level – LOAEL)** – наименьшая доза (концентрация) химического вещества, при воздействии которой наблюдается вредный эффект (Руководство..., 2004).

**Неблагоприятное воздействие** (adverse effect – AE) – изменение морфологии, физиологии, роста, развития или продолжительности жизни организма, имеющее результатом нарушение способности компенсировать дополнительный стресс, или повышение чувствительности к другим влияниям окружающей среды.

**Неблагоприятный (вредный) эффект** – изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, популяции или экологической системы, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный стресс, или в увеличении чувствительности к другим воздействиям факторов окружающей среды (Руководство..., 2004).

**Негативное воздействие на окружающую среду** – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Нет доказательств канцерогенности** (No evidence of carcinogenicity – NEC) – согласно инструкциям по Оценке канцерогенного риска Агентства по охране окружающей среды США это ситуация, при которой не наблюдается увеличения частоты раковых заболеваний по крайней мере в двух хорошо спланированных и хорошо проведенных исследованиях на животных различных видов, причём при адекватной силе и дозе экспериментов.

**Нормативы в области охраны окружающей среды** (далее также природоохранные нормативы) – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на неё, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы качества окружающей среды** – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду** – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы допустимой антропогенной нагрузки** на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ**, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов) – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учётом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ**, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также нормативы предельно допустимых концентраций) – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде, и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем (7-ФЗ, 2002).

**Нормируемая доза** – НД (Regulatory dose – RgD) – ежедневное воздействие на людей, отражаемое в окончательном решении по управлению риском. Вполне возможно и уместно, что химикат с конкретной допустимой дозой нормируется в разных ситуациях через использование различных НД.

**Облучение** – воздействие на человека ионизирующего излучения (НРБ-99).

**Облучение аварийное** – облучение в результате радиационной аварии (НРБ-99).

**Облучение планируемое повышенное** – планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения её последствий (НРБ-99).

**Облучение потенциальное** – облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии (НРБ-99).

**Облучение техногенное** – облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов (НРБ-99).

**Общая доза** (Total dose) – Сумма доз, полученных по всем путям воздействия.

**Ограниченная достоверность** (Limited evidence) – согласно инструкциям по Оценке канцерогенного риска Агентства по охране окружающей среды США, ограниченная достоверность – это собрание фактов и принятых научных положений, которые позволяют предположить, что агент может быть причиной заболевания, но это предположение не достаточно надёжно, чтобы считаться установившимся фактором.

**Окружающая среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов. Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Опасность** – присущее свойство или способность чего-либо (например, рабочих материалов, оборудования, методов и приёмов работы) с потенциалом причинения вреда (ЕС, 1996).

**Опасность** (hazard) – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: опасное вещество, опасный агент, опасный источник энергии или опасная ситуация, обладающие этим свойством

**Опасность** – совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определённых условиях воздействия (Руководство..., 2004).

**Органолептический** (Organoleptic) – фактор, влияющий на один из органов чувств, например, осязания, обоняния или зрения.

**Острое воздействие** (Acute exposure) – Одна доза или несколько доз, полученных за короткое время, обычно менее, чем за 24 часа.

**Охрана окружающей среды** – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию её последствий (далее также - природоохранная деятельность) (7-ФЗ, 2002).

**Оценка воздействия на окружающую среду** – вид деятельности по выявлению, анализу и учёту прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности её осуществления (7-ФЗ, 2002).

**Подвижность** – способность химических элементов из состава твёрдых фаз в жидкую фазу. Понятие "подвижность" неразрывно связано с миграционной способностью соединений, так как, поступая в раствор, они могут перемещаться в ландшафте, выпадать в осадок, улетучиваться в атмосферу, потребляться растениями. По количеству подвижных соединений загрязнителей и по соответствию их ПДК устанавливают загрязнение почв и ландшафтов.

Показатель опасности ( $P_o$ ) – отношение концентрации вещества к его ПДК (аналог коэффициента опасности  $HQ$ )

**Природный комплекс** – комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединённых географическими и иными соответствующими признаками (7-ФЗ, 2002).

**Природный ландшафт** – территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определённых типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях (7-ФЗ, 2002).

**Природная среда** (далее также – природа) – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Природный объект** – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства (7-ФЗ, 2002).

**Региональный уровень** – уровень загрязнения окружающей среды и изменений здоровья, характерный для определённого (5-10 лет) периода сравнения на территории области, края, республики (т. е. региона) с имеющимися общими для многих населённых пунктов природно-климатическими, а возможно, и социально-экономическими условиями.

**Референтная доза/концентрация** (Referent Dose – RfD) – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учётом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения (Руководство..., 2004).

**Среда** – вещество и (или) пространство, окружающее рассматриваемый объект; – природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях; – совокупность физических (природных), природно-антропогенных (культурных ландшафтов и населённых мест) и социальных факторов жизни человека; – совокупность явлений, процессов и условий, оказывающих влияние на изучаемый объект. Отличается свойствами самоподдержания и саморегуляции без корректирующего воздействия человека.

**Среда антропогенная** – природная среда, прямо или косвенно, намеренно или ненамеренно изменённая людьми.

**Среднесуточная пожизненная доза/концентрация (LADD/LARC)** – потенциальная суточная доза/концентрация, усреднённая за весь период жизни человека. Период усреднения экспозиции для канцерогенов обычно принимается равным 70 годам (Руководство..., 2004).

**Среднесуточная доза/концентрация (ADD/ADC)** – потенциальная суточная доза/концентрация, усреднённая за период воздействия химического вещества. Период усреднения для хронических воздействий обычно принимается равным: для взрослых – 30 лет, для детей в возрасте до 6 лет – 6 лет (Руководство..., 2004).

**Техногенно изменённый радиационный фон** – естественный радиационный фон, изменённый в результате деятельности человека (О радиационной безопасности..., 1996).

**Техногенез** – процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Заключается в преобразовании биосферы, вызываемой совокупностью геохимических процессов, связанных с технической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке целого ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений.

**Техногенные факторы** – элементы техногенных форм воздействия человека на природные компоненты, обуславливающие возникновение и развитие явлений техногенеза.

**Требования в области охраны окружающей среды** (далее также природоохранные требования) – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Технологический норматив** – норматив допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции (7-ФЗ, 2002).

**Требования в области охраны окружающей среды** (далее также природоохранные требования) – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды (7-ФЗ, 2002).

**Тяжёлые металлы** – группа элементов, активно участвующих в биологических процессах, входя в состав многих ферментов. Наибольшую опасность представляют такие элементы, как: свинец, цинк, кадмий, молибден, марганец, никель, олово, кобальт, титан, медь, ванадий. Источники тяжёлых металлов делятся на природные, к которым относятся выветривание горных пород и минералов, вулканическая деятельность, и техногенные – добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, выбросы транспорта, отходы переработки и сельскохозяйственной продукции.

**Уровень воздействия, при котором не наблюдается вредный эффект (Non Observed Adverse Effect Level NOAEL)** – наивысшая доза, при которой не наблюдается вредного эффекта (аналогичен термину “максимальная недействующая доза/концентрация”) (Руководство..., 2004).

**Фактор** – движущая сила процессов или условие, влияющее на них, существенное обстоятельство в каком-либо процессе, явлении.

**Фактор антропогенный** – фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности человека.

**Факторы среды обитания** – биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные и иные), химические, физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения), социальные (питание, водоснабжение, условия быта, труда и отдыха) и иные факторы, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений (52-ФЗ, 1999).

**Фоновый уровень** – “исходный” уровень состояния окружающей среды и здоровья населения, характерный для данной территории (населённого пункта), наблюдаемый в течение последних 5-10 лет до периода, связанного с началом проведения оценки ситуации или с учетом регистрации какого-либо события, ответственного за воздействие на людей экологически вредных факторов (например, ввод в эксплуатацию промышленно-хозяйственного объекта, который по технологическим параметрам может быть потенциальным или реальным источником техногенного воздействия на среду обитания и здоровье населения).

**Экологическая безопасность** – состояние защищённости природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий (7-ФЗ, 2002).

**Экологический кризис** – критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека; – нарушение равновесия между обществом и природой, проявляющееся в деградации окружающей среды, с одной стороны, и неспособности государственных управленческих структур, правоохранительных органов восстановить это равновесие, с другой стороны.

**Эффективная доза** – величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учётом их радиочувствительности (О радиационной безопасности..., 1996).

**Эрозия почв** – процесс разрушения различных почвенных горизонтов, начиная с верхних и вплоть до материнских пород. Вызывается дождевыми и талыми водами, ветром.

**Ядохимикаты** – химическое вещество, применяемое для уничтожения нежелательных организмов, синоним термина “пестицид”, который употребляется чаще.

## Литература

Основная:

Голдовская Л.Ф., Химия окружающей среды: Учебник для вузов. – М.: Мир, 2005. – 296 с.

Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды: Учебное пособие. – М.: РУДН, 1992. – 136 с.

[Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: 1992. – 68с.](#)

Орлов А.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для вузов / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высшая школа, 2002. – 234 с.

Дополнительная:

Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в 2 ч. – Ч. 1 / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. – М.: МНЭПУ, 1998. – 208 с.

Бажин Н.М. Кислотные дожди / в кн. Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 205–214.

Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: 1985.

Букс И.И. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Учебное пособие. Книга 1 / И.И. Букс, С.А. Фомин – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 128 с.

Бурдыкин Б.Е. Космическая тайна воды. – СПб.: Питер, 2007. – 240 с.

Воздух. Контроль загрязнений АО международным стандартам: Справочник / Под ред. С.А. Подлепы. – М.: Протектор, 1994. – 228 с.

Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. – М., 1986.

Денисов В.Н., Роголёв В.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. Изд 2-е. – СПб.: МАНЭБ, 2004. – 312 с.

Емельянова В.П., Данилова Г.И., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Гидрохимические материалы, т. 88Ю 1983. – С. 119-129.

Китано Х. Контроль окружающей среды и количественные измерения, проблема качества воды. – Кэйрё Канри, 1980. Т. 29. № 3. – С. 119-123.

Королёв В.А. Современные проблемы экологической геологии / Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 60–70.

Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

Методика расчёта нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для групп источников. МРН-87 (в редакции 1995 г.).

Методика расчёта нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для групп источников. МРН-87. – М.: Госкомгидромет, Институт прикладной геофизики, 1987.

Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – 287 с.

Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния природно-антропо-генного комплекса: Учебно-методическое пособие. Изд 2-е дополн., расширенное. – СПб.: Крисмас, 2000. – 128 с.

Рамад Ф. Основы прикладной экологии. – М.: 1981.

Рэуце К. Борьба с загрязнением почвы. – М: 1986.

Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера эколога / Под ред. профессора А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, изд. дом "Прибой", 1996. – 350 с.



Оценка степени загрязнения почв химическими веществами. Ч.1. Тяжёлые металлы и пестициды. – М., Минприроды РФ, 1982.

Охрана природы: Справочник / Митрошкин К.Г., Берлянд М.Е., Беличенко Ю.П. и др. 2-е изд., перераб. – М., 1987.

Программный комплекс "Эра-Воздух". [http://www.logosoft.ru/prog/eco\\_atm\\_about.htm](http://www.logosoft.ru/prog/eco_atm_about.htm).

*Пурмаль А.П.* Антропогенная токсикация планеты. Ч. I / Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 185-196.

*Пурмаль А.П.* Антропогенная токсикация планеты. Ч. 2 / Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 196-205.

*Рамад Ф.* Основы прикладной экологии. – 1981.

*Рэуце К.* Борьба с загрязнением почвы. – М., 1986.

*Сарбаев В.И.* Методология и практика обеспечения экологической безопасности эксплуатации автомобильного транспорта. /Под ред А.Е. Воробьёва. – М.: Изд-во "Машиностроение-1", 2004. – 336 с.

*Сармурзина А.Г.* Органические соединения в окружающей среде: Экологический аспект. Учебное пособие / А.Г. Сармурзина, Г.Р. Ушурова, Р.К. Ашкеева, З.С. Биримжанова. – Алматы, Казак университеті, 2004. –120 с.

*Скурлатов Ю.И.* Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А. Мизити. – М.: Высшая школа, 1994.

*Такеуи Н.,* Дистанционное обследование состояния загрязнения атмосферы: Пер. с яп., Р-44349). – Канкё даёхо Кагаку, т. 13, № 4, 1984. – С.29-38.

*Трифонов Т.А., Селиванова Н.В., Мищенко Н.В.* Прикладная экология: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический проект: Традиция, 2005. – 384 с.

Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды / Под ред. Н.Ф. Ровинского. –М., 1986.

Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – 460 с.

*Черных Н.А.* Почвоведение и экологическое почвоведение: Учебно-методическое пособие для студентов экологических специальностей. – М.: РУДН, 2002. – 26 с.

*Черных Н.А.* Почвоведение: Конспект лекций. – М.: РУДН, 2005. – 30 с.

*Черных Н.А., Овчаренко М.М.* Тяжёлые металлы и радионуклиды в биогеоценозах: Учебное пособие – М., Агроконсалт, 2002. – 200 с.

*Шадрин А.С.,* Современные методы и приборы контроля загрязнения атмосферного воздуха. – Обнинск, ВНИИ СХРЭ и АХ, 1978.

Экологический словарь / Авторы составители: С. Делятицкий, И. Зайонц, Л. Чертков, В. Экзарьян. – Москва, Конкорд ЛТД-Экопром, 1993. – 202 с.

*Эмото Масау.* Послания воды: Тайные коды кристаллов льда / Пер с англ. – М.: София, 2006. – 96 с.

Medio ambiente en España. – Madrid, МОРТ, 1992.

Programa de las actividades en seguridad del medio ambiente para la Europa Central y Este. OECD and World Bank, 1995.

### **Нормативно-правовые документы**

Перечню предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1993 г.

Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – М.: Минздрав СССР, 1987 г.)

СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения.

СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов.

ГОСТ 17.0.0.02-79. Метрологическое обеспечение контроля загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвы.

ГОСТ 17.1.1.03-86. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований.

ГОСТ 17.1.1.04-80. Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования.

ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

ГОСТ 17.1.3.04-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения пестицидами.

ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

ГОСТ 17.1.107-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоёмов и водотоков.

ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.

ГОСТ 17.1.3.11-84. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения минеральными удобрениями.

ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

ГОСТ 17.1.4.01-80. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах.

ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов.

ГОСТ 17.1.5.03-81. Охрана природы. Гидросфера. Анализаторы общего органического углерода в природных водах.

ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природной воды. Общие технические требования.

ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.

ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.

ГОСТ 17.2.6.01-85. Охрана природы. Атмосфера. Приборы для отбора проб воздуха населенных пунктов.

ГОСТ 17.2.6.02-85. Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы.

ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

ГОСТ 17.4.1.03-84. Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического загрязнения.

ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.

ГОСТ 17.4.2.03-86. Паспорт почв.

ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

ГОСТ 17.4.3.03-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.

ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.

ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

ГОСТ 17.4.4.03-86. Охрана природы. Почвы. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей.

ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования, контроль за качеством.

ГОСТ 4979-49. Вода хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Методы химического анализа. Отбор, хранение и транспортирование проб.

ГОСТ 24481-80. Вода питьевая, отбор проб.

ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.

СанПиН 2.1.4.027-95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.

СанПиН 2.1.4.544-96. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.

СанПиН 4631-88. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения.

СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве.

ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест".

Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК и ОБУВ (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населённых мест, воде водных объектов.

Гигиенические нормативы ГН 1.1.701-96. – М.: ИНТЕРСЭН, 1998. – 15 с.

Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. СанПиН 2.1.5.980-06. – М.: Минздрав России. 2000. –23 с.

Гигиенические требования к охране поверхностных вод. СанПиН 2.1.4.1175-02. – М.: Минздрав России. 2000. –31 с.

Дополнения и изменениям к ГН 1.1.725 – 98. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека.

Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. – М.: 2001.

Нормы радиационной безопасности: НРБ-99. – М., 1999.

Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Методические указания МУ 2.1.5.720-98. – Москва, 1998. – 55 с.

О радиационной безопасности населения. Федеральный закон № 3-ФЗ от 9 января 1996 г.

Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.5.1314 – 03.

О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ).

Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. ГН 1.1.725 – 98.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Н 2.2.5.1313 – 03.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.6.-709 – 98.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.6.1006 – 01. Дополнение 1 к ГН 2.2.6.-709 – 98.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.6.1080 – 01. Дополнение 2 к ГН 2.2.6.-709 – 98.

Предельно допустимые уровни (GLE) загрязнения кожных покровов вредными веществами. ГН 2.2.5.563 – 96.

Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Руководство Р 2.2.2006 – 05. –М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 142 с.

Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Руководство Р 2.1.10.1920 – 04. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

#### **Интернет-ресурсы**

ИСИР – интегрированная система информации о риске. Система содержащая данные о токсических и канцерогенных свойствах элементов и химических веществ. Адрес в Интернете: <http://www.epa.gov/iris/index.html>. (IRIS – Integrated Risk Information System).

## **Глава 4. Оценка опасностей загрязнения окружающей природной среды**

### **Тема 10.**

#### **4.1. Подходы к оценке опасностей, создаваемых загрязнением окружающей среды**

Комплексная оценка состояния здоровья населения включает данные по показателям здоровья и по показателям и критериям опасности загрязнения среды обитания, которые приведены в табл. 2.2 (Здоровье..., 2001).

Оценка опасностей, связанных с химическим загрязнением в руководстве "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия" даётся для зон экологического бедствия, зон чрезвычайной экологической ситуации и зон относительного благополучия (Критерии, 1992). При этом критерии по оценке здоровья, критерии по химическому загрязнению и критерии по состоянию экологических систем приводятся отдельно.

В монографии "Управление природоохранной деятельностью в Российской Федерации" концепция подхода к комплексной оценке состояния природной среды (экологического состояния территории) состоит в выборе наиболее ёмких и информативных критериев оценки состояния экосистем и

их биотической и абиотической составляющих (Управление..., 1996). Этот подход основан на отказе от механического суммирования баллов состояний отдельных сред и переходе к оценке состояния экосистемы в целом. Предлагаемая оценка состояния экосистемы проводится на основе ограниченного числа критериев, обеспечивающих при совместном рассмотрении уверенную квалификацию её состояния.

Как отмечают авторы, в настоящее время большинство исследователей при [оценке воздействия на окружающую среду](#) (ОВОС) предлагают выделить четыре уровня природно-антропогенных экологических нарушений: нормы (*H*), риска (*P*), кризиса (*K*) и бедствия (*B*), которые достаточно уверенно корреспондируются с директивными документами. К сожалению, это руководство не является официальным документом и носит рекомендательный характер.

"В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений экосистем по глубине и необратимости, т.е. по реальным имеющим физическое выражение морфологическим факторам. В соответствии со сделанными разъяснениями предлагается выделять следующие классы состояний и зоны нарушений:

а) зону экологической нормы (*H*) или класса удовлетворительного (благоприятного) состояния среды. Она включает в себя территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости экосистем, её относительной стабильности. Значение прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых. (Деградация земель менее 5 % площади);

б) зону [экологического риска](#) (*P*) или класса условно удовлетворительного (неблагоприятного) состояния среды. Она включает территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости экосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации экосистем, но ещё с обратимыми нарушениями. Территории требуют разумного хозяйственного использования и планирования мероприятий по их улучшению. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон. (Деградация земель от 5 до 20 % площади);

в) зону [экологического кризиса](#) (*K*) или класса неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния среды. Она включает территории с сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости экосистем и трудно обратимыми нарушениями. Необходимо выборочное хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон. (Деградация земель от 20 до 50% площади);

г) зону экологического бедствия – [катастрофы](#) (*B*) или класса катастрофического состояния сред. Она включает в себя территории с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями экосистем, исключаящую территорию из хозяйственного использования. Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон. (Деградация земель более 50 % площади)".

Как уже отмечалось, выделение зон и классов экологического состояния территории должно осуществляться на основе небольшого числа наиболее представительных показателей, но обязательно с использованием и взаимным учётом тематических, пространственных и динамических критериев оценки. Здесь важно подчеркнуть, что единого интегрального показателя состояния экосистемы в настоящее время не существует и вряд ли таковой когда-либо появится, однако число наиболее представительных показателей может быть сведено к оптимальному минимуму.

## **4.2. Критерии ухудшения здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды**

Для оценки изменений состояния здоровья населения обусловленного загрязнением окружающей среды используют комплексные показатели и критерии. Можно назвать два документа, действующих на сегодняшний день в Российской Федерации, в которых такие критерии разработаны, обоснованы и рекомендованы к применению.

Один из них "Комплексная гигиеническая оценка степени напряжённости медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами [среды обитания](#) населения. Методические рекомендации" (Здоровье..., 2001) и другой "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия" ([Критерии..., 1992](#))

Методические рекомендации по комплексной гигиенической оценке степени напряжённости медико-экологической ситуации различных территорий были разработаны: НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека Минздрава России (к.м.н. С.В. Нагорный, Е.А. Цибульская, к.м.н. Е.Н. Пашкина, к.м.н. Е.В. Олейникова, к.м.н. С.Н. Палагина); Центром Госсанэпиднадзора в Липецкой области (к.м.н. С.И. Савельев, В.Н. Морозов, С.Н. Бабанин, В.И. Чекмачева); Центром Госсанэпиднадзора в Ленинградской области (И.И. Малеванный, С.А. Горбанёв, А.Ю. Ломтев); Медицинской академией последипломного образования г. Санкт-Петербург (к.м.н. А.В. Киселёв, С.Н. Алейник); Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Минздрава России (д.м.н. Г.М. Трухина) (Здоровье..., 2001, с. 70-102).

Медико-экологическая оценка изменений здоровья населения в связи с действием вредных факторов среды обитания заключается в экспертном исследовании динамики отклонений от среднего – "фонового", "регионального" или "контрольного" уровней как отдельных показателей здоровья популяции или отдельных социальных групп, так и общих медико-демографических показателей. К отдельным показателям изменения состояния здоровья относят появление или рост показателей тех или иных предположительно , экологически обусловленных "индикаторных" болезней "специфической" или другой патологии или системных "донозологических" сдвигов.

При оценке градаций показателей здоровья авторами учтены известные биологические закономерности реакции людей на воздействие вредных факторов среды обитания, в частности на то, что ответные реакции людей на воздействие токсикантов широко варьируют в зависимости от состояния организма, токсичности вредного вещества, его дозы и продолжительности экспозиции. В любой популяции встречаются люди с разным уровнем адаптации к экотоксикантам. Наиболее выраженные состояния ("срыв адаптации", "формирование патологии", "специфические заболевания" и т.п.) возникают при одном и том же качестве среды обитания, прежде всего в наиболее слабых звеньях популяции таких как: новорождённые, дети раннего возраста, беременные женщины, хронические больные, лица пожилого возраста.

Медико-экологическую ситуацию в любом регионе (или населённом пункте) оценивают по одной из пяти категорий:

- удовлетворительная;
- относительно напряжённая;
- существенно напряжённая;
- критическая или чрезвычайная;
- катастрофическая или ситуация экологического бедствия.

**Удовлетворительная категория** определяет полную и неограниченную пригодность использования среды обитания, её экологическую безопасность использования и безвредность для здоровья населения; соответственно при этом не наблюдается экологически обусловленных изменений показателей здоровья по сравнению с фоновым для данной территории или региональным уровнем.

**Относительно напряжённая категория** свидетельствует о некоторой (наименьшей, но регистрируемой) степени опасности для населения оцениваемых вредных факторов среды обитания. При этом могут развиваться начальные изменения в состоянии здоровья, преимущественно в виде роста числа функциональных нарушений и предпатологии, наиболее восприимчивой части населения: новорождённых, детей раннего возраста, беременных женщин и других групп.

**Существенно напряжённая категория** характеризуется значительными уровнями загрязнения среды обитания, ростом заболеваемости и другой патологии у наиболее восприимчивой части населения, а также достоверным ростом предположительно экологически-зависимых индикаторных болезней среди детей и взрослых, некоторым увеличением детской и общей заболеваемости.

**Критическая медико-экологическая категория** соответствует "высокой" степени загрязнения среды обитания, представляющую безусловную опасность использованием населением тех или иных её объектов. О реализации потенциальной опасности вредных факторов для населения свидетельствует доказанное экологически обусловленное развитие генетических и иммунологических нарушений среди популяции, значительно растущая общая и детская заболеваемость, появление у



населения симптомов хронической интоксикации, обусловленных воздействием токсикантов, загрязняющих отдельные звенья экосистем, появление "специфических", экологически обусловленных заболеваний, существенное повышение перинатальной, младенческой, детской и общей смертности.

**Катастрофическая медико-экологическая категория** характеризуется ещё большими (по сравнению с критической ситуацией) количественными показателями загрязнения среды обитания и экологически обусловленными изменениями состояния здоровья населения. Катастрофическая медико-экологическая ситуация первоначально (до проведения анализа причинно-следственных связей) обозначается понятием "условно", ввиду значительной социальной значимости такого рода оценок. Определение "катастрофическая", без добавления слова "условно", может быть дано только в случае доказанной причинно-следственной связи между установленными вредными факторами среды обитания и изменением здоровья населения. Только на основании анализа и доказанности причинно-следственных связей между вредными факторами и здоровьем населения переходят от понятий потенциальной опасности к понятиям реальной опасности.

Показатели загрязнения объектов окружающей среды и изменений здоровья населения приведены в табл. 4.1.

*Примечания:*

*1 – градации характеристик ситуаций по загрязнению объектов окружающей среды оцениваются как по отдельным показателям (1а), так и по суммарному значению всех показателей (1б);*

*2 – оценка степени напряжённости медико-экологической ситуации по показателям загрязнения объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, воды, почвы и донных отложений) проводится по критериям опасности химического загрязнения среды обитания населения;*

*3. – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) рассчитывается согласно Руководству РД 52.04–186–89 ..., 1991. Величины ИЗА приведены для пяти вредных веществ, определяемых Госкомгидрометом по среднегодовым концентрациям, характерным для загрязнения промышленных населённых пунктов;*

*4. – критерий "Р" – условный показатель загрязнения воздуха для 5–9-ти веществ, расчёт и корректировка значений "Р" для другого количества веществ производится в соответствии с "Критериями...", 1992);*

*5 – перечень приоритетных по опасности вредных химических веществ для каждой территории определяется по согласованию с федеральными и региональными органами госнадзора на основании проработки данных о присутствии в объектах среды обитания в выбросах в атмосферный воздух и в сбросах сточных вод промышленными предприятиями веществ 1–2 класса опасности, обладающих супертотксичностью или специфическими эффектами воздействия (мутагенными, канцерогенными, тератогенными и др.);*

*6 – при меньшем числе % проб – оценка ситуации по рангу предыдущей категории;*

*7 – оценка проводится в случае выявления причинно-следственных связей величины (силы) и времени действия фактора с изменениями показателей здоровья населения (в той же градации);*

*8 – в суммарной оценке вредных факторов (в баллах) при "критической" и "катастрофической" медико-экологической ситуации не учитывается;*

*9 – индекс загрязнения вод (ИЗВ) рассчитывается по методике Госкомгидромета в соответствии с (Методическими рекомендациями..., 1988);*

*9а – для водных объектов хозяйственно-питьевого и рекреационного назначения;*

*10 – показатель химического загрязнения (ПХЗ) рассчитывается в соответствии с приложением 2 (Критерии..., 1992);*

*11 – уровень загрязнения донных отложений следует оценивать по схеме оценки почв;*

*12 – суммарный индекс загрязнения почвы тяжёлыми металлами (Zс). Расчет производится в соответствии с (Методическими указаниями..., 1989).*

13 – превышение значений показателей, по сравнению с контрольными или фоновыми, а также региональными или федеральными стандартами за период не менее 3—5 лет в указанное число раз;

14 – устанавливаются дополнительные критерии по экспертным оценкам с учётом степени выраженности изменений основных показателей;

15 – превышение фонового (или контрольного) уровня;

16 – дополнительные показатели.

Изменения в состоянии здоровья популяции необходимо анализировать в первую очередь по официальным данным статистических форм, действующих в практике здравоохранения: ф-12 – "Отчёт о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения"; ф-31 – "Отчёт о медицинской помощи детям и подросткам-школьникам"; ф-32 – "Отчёт о медицинской помощи беременным, роженицам и родильницам"; ф-7 – "Отчёт о больных злокачественными новообразованиями"; ф-35 – "Отчёт о заболеваниях злокачественными новообразованиями"; ф-8 – "Отчёт станций скорой и неотложной помощи"; ф-85-и – "Отчёт о "движении" инфекционных заболеваний"; ф-43 – "Отчёт о профессиональных отравлениях и профессиональных заболеваниях"; ф-16 – "Отчёт о временной нетрудоспособности".

К основным критериям оценки напряжённости медико-экологической ситуации отнесены (см. табл. 2.2):

– медико-демографические показатели такие как: смертность: общая, детская 0–14 лет, младенческая 0–1 год, перинатальная (увеличение в число раз, с учётом структуры); средняя продолжительность жизни, характеризуемая отставанием от аналогичных показателей на контрольных территориях, в соответствующем возрасте;

– [заболеваемость](#) и распространённость общая и детская, в том числе по отдельным классам и нозологическим формам экологически обусловленных болезней для данной территории;

– медико-генетические и иммунологические показатели такие как: частота врождённых пороков развития; число (доля) детей с отклонениями в физическом развитии; генетические нарушения в клетках человека (хромосомные aberrации, разрывы ДНК и др.); нарушения репродуктивной функции женщин (осложнения беременности и родов); изменения иммунного статуса (увеличение доли людей с выраженными сдвигами в иммунограмме);

К дополнительным критериям отнесены данные о содержании токсических химических веществ в биосубстратах человека (крови, моче, слюне, волосах, ногтях, зубах, плаценте, грудном молоке), обнаруженных в среде обитания.

Показатели изменения здоровья населения анализируют минимум за 5 – 10 лет, сопоставляя их с показателями контрольных или фоновых территорий.

Оценку степени напряжённости медико-экологической ситуации (по показателям здоровья населения) проводят с учётом состояния здоровья (и его отклонений) наиболее чувствительных к воздействию вредных факторов среды обитания структурно-функциональных звеньев популяции (дети, беременные женщины, хронические больные). Оценка напряжённости медико-экологической ситуации по критериям изменения здоровья населения проводится по одному или нескольким основным и дополнительным показателям, отражающим более высокую степень неблагополучия.

На территориях, относящихся к удовлетворительной категории, имеют место показатели, аналогичные "фоновым" (в предшествующие 10 лет) в изучаемом регионе или показатели на уровне контрольных территорий. При этом общая сумма баллов по оценке показателей изменения здоровья населения согласно табл. 5.1 равна пяти.

Состояние здоровья популяции на территориях с "умеренным" уровнем загрязнения среды, оцениваемых как "относительно напряжённая категория", характеризуется разнонаправленными сдвигами, большая часть популяции находится в состоянии напряжения и перенапряжения адаптации, но наиболее чувствительное звено популяции (дети) находятся в состоянии срыва адаптации и развития неспецифической патологии. Наиболее информативными при установлении рассматриваемой градации



напряжённости являются медико-генетические показатели – увеличение частоты нарушений репродуктивной функции женщин (до 1,2 раз), врождённых пороков развития у детей (до 1,2 раз), изменение иммунного статуса в отдельных группах популяции (до 20 %). Возможен рост детской заболеваемости (до 1,5 раза), в том числе по классам экологически обусловленных болезней (до 2,0 раз); может отмечаться также незначительный рост перинатальной и младенческой смертности (до 1,2 раз). При этом в биосубстратах некоторых групп населения (в основном у детей) могут быть обнаружены токсические химические вещества с уровнями показателей, достоверно превышающими фоновые или допустимые биологические уровни. Все вышеперечисленные показатели учитывают только при доказанности причинно-следственных связей между ними и вредными факторами среды обитания. Общая сумма баллов по оценке показателей изменения здоровья населения равна 12.

Медико-экологическая ситуация, оцениваемая как "существенно-напряжённая категория", характеризуется состоянием, при котором значительная часть (до 30–50 %) популяции находится в состоянии напряжения и перенапряжения адаптации, а наиболее чувствительная часть – в состоянии срыва адаптации. Она характеризуется ростом общей и детской заболеваемости (до 2,5 и 2 раз соответственно) и, в особенности, по нозологическим формам экологически обусловленных болезней (до 2,5 раз); увеличением перинатальной и младенческой смертности (в 1,3–1,5 раза) с изменением её структуры. При этом возможно снижение продолжительности жизни (в основном за счёт лиц, старше 65 лет и новорождённых). Наблюдаются отклонения медико-генетических показателей (рост спонтанных аборт и врождённых пороков развития) и иммунного статуса. В биосубстратах человека обнаруживаются, соответствующие (характеру и уровню загрязнения среды обитания) токсические химические вещества, их уровни превышают "фоновые" или "контрольные" показатели до 5,0 раз. Общая сумма баллов по оценке показателей изменения здоровья населения равна 20.

"Критическая категория" характеризуется существенным увеличением количественных показателей по всем рассмотренным критериям (более 25 % популяции находится в состоянии срыва адаптации и развития патологии). Заболеваемость детей может увеличиваться до 2,1–2,5 раз, общая смертность населения может увеличиваться до 2,5 раз. Существенные отклонения наблюдаются в иммунологических и медико-генетических показателях – растёт число лиц (до 40 %) с выраженными сдвигами в иммунограмме, частота врождённых пороков развития и доля детей с отклонениями в физическом развитии (в 1,6–2,0 раза), как и частота осложнений беременности и родов. Снижается продолжительность жизни различных групп населения. В биосубстратах человека присутствуют токсические химические вещества с превышением фоновых и контрольных уровней до 5,1–10 раз. Общая сумма баллов по оценке показателей изменения здоровья населения равна 30.

Медико-экологическая ситуация, относящаяся к "катастрофической категории", характеризуется значительными и устойчивыми отклонениями в состоянии здоровья популяции в связи со срывом адаптации к экотоксикантам. В большинстве её групп отмечается рост заболеваемости и распространённости (детской – более чем в 2,5 раза, общей – в 3,5 раза), существенное увеличение показателей смертности населения (перинатальной, младенческой и детской – более чем в 2,0 раза, общей – более чем в 2,5 раза), снижение продолжительности жизни различных групп населения, рост врождённых пороков развития (более чем в 2,0 раза). Общая сумма баллов по оценке показателей изменения здоровья населения равна 38.

Окончательное заключение об экологической обусловленности тех или иных изменений в состоянии здоровья популяции, а следовательно, и об уровне напряжённости медико-экологической ситуации формулируется при доказанности причинно-следственных связей в системе "человек – среда обитания".

В 1991 году вступил в силу Закон Российской Федерации "Закон об охране окружающей природной среды", в котором были закреплены понятия "зоны чрезвычайной экологической ситуации" и "зоны экологического бедствия".

В порядке реализации положений Закона, Правительство Российской Федерации распоряжением от 5 апреля 1992 г. № 659-р поручило Минприроды России совместно с Миннауки России и другими заинтересованными министерствами и ведомствами Российской Федерации разработать научно

обоснованные критерии выделения территории, объявляемой зоной чрезвычайной экологической ситуации или зоной экологического бедствия.

Во исполнение этого распоряжения Миприроды России подготовило документ для оценки состояния территорий, возникших в результате длительного антропогенного воздействия.

Документ известен под названием "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия" ([Критерии..., 1992](#)).

Состояние здоровья населения в "Критериях..." оценивается в совокупности с критериями и показателями загрязнения окружающей среды: атмосферного воздуха, вод и почв.

К основным медико-демографическим показателям относятся: заболеваемость, детская смертность, медико-генетические нарушения, специфические и онкологические заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды.

Медико-демографические показатели по экологически неблагоприятным территориям сравниваются с аналогичными показателями на контрольных (фоновых) территориях в этих же климато-географических зонах. В качестве таких контрольных (фоновых) территорий принимаются населённые пункты или отдельные их части, на которых фиксируются наиболее благоприятные значения медико-демографических показателей.

Определять такие показатели рекомендуется отдельно для городского и сельского населения по нескольким (трём или более) территориям с благоприятной экологической (санитарно-гигиенической) ситуацией. Средняя величина из нескольких минимальных показателей принимается в качестве контрольного (фонового) значения. Недопустимо в качестве контрольных величин использовать только средние показатели по республике, области, краю. Предпочтительны показатели, рассчитываемые за 10 лет и (или) их динамика за этот период. Допускается также использование данных по территории за предшествующие годы в качестве контрольных цифр для сравнения их с величинами на момент проведения экспертизы.

Представляемые материалы должны содержать полную информацию по разделу "Основные показатели" (табл. 4.2) и, по возможности, по разделу "Дополнительные показатели". Кроме указанных показателей территории могут, по своему усмотрению, представлять и любые другие материалы, характеризующие состояние здоровья и влияние на него загрязнения окружающей природной среды.

Определение зоны чрезвычайной экологической ситуации или зоны экологического бедствия осуществляется по одному или нескольким основным и дополнительным показателям, отражающим более высокую степень экологического неблагополучия.

Таблица 4.2

Медико-демографические критерии состояния здоровья населения,  
применяемые при оценке экологического состояния территории  
(Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Параметры	
		Зона экологического бедствия	Зона чрезвычайной экологической ситуации
Основные показатели			
1	Увеличение перинатальной смертности	в 1,5 раза и более	от 1,3 до 1,5 раза
2	Увеличение детской смертности – младенческой смертности (в возрасте до 1 года); – детская смертность в возрасте 1-4 года	» »	» »
3	Медико-гигиенические показатели: – увеличение частоты врождённых пороков развития новорождённого и спонтанных выкидышей	»	»
4	Изменение заболеваемости детей и взрослых – увеличение распространённости по отдельным нозологическим формам и возрастным группам, изменение структуры заболеваемости	в 2 раза и более	от 1,5 до 2 раз
5	Онкологические заболевания (заболеваемость и смертность): – отдельные формы, – злокачественные образования у детей	в 2 раза и более »	от 1,5 до 2 раз »
6	Специфические заболевания, этиологически связанные с характером загрязнения территории	Наличие таких заболеваний	Наличие таких заболеваний
Дополнительные показатели			
1	Увеличение нарушений репродуктивной функции женщин: – осложнение течения и исходов беременности (суммарное число случаев на 1000 беременных); – осложнение родов (суммарное число случаев на 1000 беременных); – неудовлетворительное состояние доношенных новорождённых (оценка по АПГАР, число случаев на 1000 доношенных новорождённых)	в 2 раза и более » »	от 1,5 до 2 раз » »
2	Частота рождения детей с массой тела менее 2500 граммов	См. Примечание 4	
3	Изменение массы тела, роста, окружности головы у новорождённых, изменение соотношения полов – отклонение от аналогичных показателей на контрольных территориях	См. Примечание 4	
4	Средняя продолжительность жизни мужчин и женщин: – отставание от аналогичных показателей на контрольных территориях (в годах): – при рождении, – в возрасте 15 лет; – в возрасте 35 лет; – в возрасте 65 лет	Ж М 3,6.....3,5 4,0.....2,5 3,0.....2,0 2,3.....1,7	Ж М 3,2.....2,6 3,4.....2,5 2,5.....2,4 2,0.....1,8
5	Физическое развитие детей: – увеличение доли детей с отклонениями физического развития при их оценке по региональному стандарту 7-10 летней давности	50 % и более	от 30 % до 50 %
6	Психическое развитие детей: – доля детей с отклонениями психического развития	20 % и более	от 10 % до 20 %
7	Генетические нарушения: – увеличение частоты генетических нарушений в клетках человека (хромосомные aberrации, разрывы ДНК и др.) – при превышении уровня суммарных мутагенных воздействий в пробах воздуха, воды и других компонентов среды	в 3 раза и более »	до 3 раз »
8	Изменение иммунного статуса: увеличение числа людей с выраженными сдвигами в иммунограмме по морфологическим и гуморальным показателям	См. Примечание 4	
9	Содержание в биосубстратах человека (кровь, моча, волосы, зубы, слюна, плацента, женское молоко и др.) токсичных химических веществ, превышение допустимых биологических уровней	Приложение 1	

*Примечания:*

*1. К пунктам 1, 2: превышение средних значений по сравнению с контрольными (фоновыми) на территории с населением не менее 30 тыс. человек по данным за 5 лет и не менее 50 тыс. человек – за 3 года отдельно для городского и сельского населения.*

*2. К пунктам 1, 2: учитывается также изменение традиционной структуры младенческой смертности.*

*3. К пункту 6: при использовании этого показателя учитывается характеристика действующего вредного этиотропного фактора и тенденция распространения случаев заболеваний. При этом не учитываются бытовые отравления и другие несчастные случаи.*

*4. К пунктам 2, 3, 5, 9 дополнительных показателей: критерии устанавливаются по экспертным оценкам с учётом степени выраженности изменений основных показателей.*

*5. К пункту 5 дополнительных показателей: оценку физического развития детей рекомендуется проводить с использованием когортного и центильного методов.*

*6. К пункту 1 основных показателей: отношение числа родившихся мёртвыми и умерших в первую неделю жизни к общему числу родившихся (живых и мёртвых), умноженное на тысячу.*

## **Вопросы к теме 10:**

### **4.2. Критерии ухудшения здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды**

1. По каким пяти категориям оценивают медико-экологическую ситуацию в любом регионе?
2. Охарактеризуйте удовлетворительное состояние медико-экологической ситуации.
3. Охарактеризуйте напряжённую ситуацию.
4. Охарактеризуйте существенно напряжённую ситуацию.
5. Охарактеризуйте критическую ситуацию.
6. Охарактеризуйте катастрофическую ситуацию.
7. Какими медико-демографическими показателями характеризуется экологическая ситуация?
8. Какие показатели заболеваемости и распространённости учитывают при оценке медико-экологической ситуации?
9. Какие дополнительные критерии используют при оценке медико-экологической ситуации?
10. Как определяют общую сумму баллов по оценке показателей изменения здоровья населения и чему она равна?
11. Охарактеризуйте показатели изменения здоровья населения в соответствии таблицей 5.1.
12. Сравните перечень показателей и их величин, приведённых в табл. 4.1 и табл. 4.2.

## Тема 11.

### 4.3. Оценка опасностей, создаваемых химическим загрязнением компонентов окружающей среды

Для оценки современного состояния геосферных оболочек, как уже отмечалось ранее, используются прямые, косвенные и индикаторные критерии (Управление..., 1996).

Прямые критерии включают, в себя группы геогидрохимических, геодинамических, медико-санитарных и ресурсных критериев.

Геогидрохимическая группа критериев позволяет оценить: химическое, механическое, радионуклидное загрязнение геосфер, а медико-санитарно-бактериологическое. Геодинамическая группа критериев связана с оценкой площадной поражённости геосфер природными и антропогенными геологическими процессами, а ресурсная с оценкой ресурсов, необходимых для нормального существования биоты, включая человеческое сообщество.

Косвенные критерии оценки позволяют оценить современное состояние геосфер опосредованно, через критерии оценки смежных сред, с которыми они тесно взаимодействуют (атмосфера и почвы, атмосфера и растительность и т.д.).

Индикаторные (индикационные) критерии оценки, как правило, дают общую картину состояния той или иной геосферы (компонента природной среды).

### 4.4. Оценка опасностей, создаваемых химическим загрязнением воздушной среды населённых пунктов

В Российской Федерации оценка опасностей осуществляется по методикам, в которых используются комплексные показатели загрязнения или определяется кратность превышения концентрации веществ и их повторяемость.

Для оценки опасности загрязнения атмосферы используют два подхода: 1 – выделение зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (Критерии..., 1992); 2 – выделение зон нормы (*H*), риска (*P*), кризиса (*K*) и бедствия (*B*) (Управление..., 1996).

Выделение зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия осуществляют по максимальным разовым концентрациям (Табл. 4.3), по среднесуточным концентрациям (табл. 4.4) и по среднегодовым концентрациям (табл. 4.5).

#### 4.4.1. Оценка опасностей загрязнения воздушной среды по максимально-разовым (разовым) концентрациям

Степень опасности, создаваемой загрязнением атмосферного воздуха населённых пунктов устанавливается по кратности превышения *ПДК* с учётом класса опасности, суммирования биологического действия загрязнения воздуха и частоты превышения *ПДК*.

Оценка степени загрязнения по максимальным разовым концентрациям проводится согласно табл. 4.3.

Таблица 4.3

Критерий оценки степени загрязнения атмосферного воздуха по максимальным разовым концентрациям (Критерии..., 1992)

Показатели	Экологическое бедствие		Чрезвычайная экологическая ситуация	
	<i>K</i>	% измерений выше <i>ПДК</i>	<i>K</i>	% измерений выше <i>ПДК</i>
I класс	> 5	> 30	3 – 5	> 30
II класс	> 7,5	> 30	5 – 7,5	> 30
III класс	> 12,5	> 50	8 – 12,5	> 50
IV класс	> 20	> 50	12,5 – 20	> 50

В соответствии с действующими ПДК для оценки степени загрязнения воздуха используются фактические максимально разовые и среднесуточные концентрации за последние несколько лет, но не менее, чем за 2 года.

Результаты измерений обрабатываются и представляются для каждого поста, вещества и года наблюдения отдельно. По каждому веществу должно быть не менее 200 наблюдений (проб).

#### 4.4.2. Оценка опасностей загрязнения воздушной среды по среднесуточным концентрациям

Для оценки степени загрязнения используются среднесуточные пробы, полученные путём непрерывной аспирации в течение 24 час или прерывистой аспирации как минимум 4 раза в сутки через равные интервалы времени. Анализируются все концентрации из отобранных среднесуточных проб.

Для каждой среднесуточной концентрации рассчитывается кратность превышения  $K$ . Рассчитанный по показателю  $K$  ряд за анализируемый период (год) оценивается в соответствии с критериями, приведёнными в таблице 4.4. В случае присутствия комбинации веществ, обладающих эффектом суммации, рассчитывается приведённая среднесуточная концентрация  $C_{сспр}$ , аналогично формуле (3.14). Оценка ведётся по  $C_{сспр}$ .

Таблица 4.4

Критерии оценки среднегодового загрязнения атмосферного воздуха (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Параметры		
		Зона экологического бедствия	Зона чрезвычайной экологической ситуации	Относительно удовлетворительная ситуация
1	Комплексный показатель среднегодового загрязнения воздуха:			
2	1 вещество	> 16	8 – 16	1
3	2 – 4 вещества	> 32	16 – 32	2
4	5 – 9 веществ	> 48	32 – 48	3
5	10 – 16 веществ	> 64	48 – 64	4
6	16 – 25 веществ	> 80	64 – 80	5

С учётом указанных критериев территории представляют материалы по всем типам загрязнения атмосферы, на основании которых делается экспертная оценка отнесения территории к той или иной зоне опасности.

Загрязнение атмосферного воздуха бенз(а)пиреном (БАП) может иметь ведущее значение только на территориях размещения промышленных предприятий, для которых БАП является одним из ведущих компонентов выброса (анодные заводы, алюминиевая промышленность, коксопековая промышленность и др.). При наличии превышения загрязнений по указанным критериям. По взвешенным веществам, одновременно представляются данные о физико-химических свойствах веществ.

#### 4.4.3. Оценка опасностей загрязнения воздушной среды по среднегодовым концентрациям

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рассчитываются по методике, описанной в предыдущей главе, за несколько лет, но не менее двух.

Степень опасности загрязнения воздуха оценивается с учётом кратности превышения среднегодового ПДК веществ, их класса опасности, допустимой повторяемости концентраций заданного уровня, количества веществ, одновременно присутствующих в воздухе, и коэффициента их комбинированного действия.

Оценка степени суммарного загрязнения атмосферного воздуха по комплексному показателю  $P$  проводится согласно данным таблицы 4.4. При этом, если в комплексном показателе любое из веществ

будет иметь значение, превышающее величину показателя для одного вещества, то в этом случае оценка степени загрязнения осуществляется и по этому веществу.

Таблица 4.4

Критерии оценки среднегодового загрязнения атмосферного воздуха (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Параметры		
		Зона экологического бедствия	Зона чрезвычайной экологической ситуации	Относительно удовлетворительная ситуация
1	Комплексный показатель среднегодового загрязнения воздуха:			
2	1 вещество	> 16	8 – 16	1
3	2 – 4 вещества	> 32	16 – 32	2
4	5 – 9 веществ	> 48	32 – 48	3
5	10 – 16 веществ	> 64	48 – 64	4
6	16 – 25 веществ	>80	64 – 80	5

#### 4.4.4. Оценка опасностей загрязнения воздушной среды по методике

Выделение зон нормы (*H*), риска (*P*), кризиса (*K*) и бедствия (*B*) проводится в рамках ОВОС.

"Оценка воздействия на окружающую среду является процессом, который ведётся поэтапно по мере продвижения исследования с разграничением его на предварительную оценку воздействия на ОС и собственно ОВОС. Такой подход заложен в качестве основы в законе Российской Федерации "Об экологической экспертизе, 1995".

При ОВОС учитывают следующие важные методические положения:

- приоритетной оценкой того или иного проекта должна быть экологическая, лежащая в основе решения о сооружении объекта и месте его размещения;
- необходима общая (фоновая) оценка экологической обстановки изучаемой территории и определение возможности внесения дополнительной экологической нагрузки, в том числе и по отдельным компонентам окружающей среды;
- необходим комплексный подход к решению природоохранных задач, причём не только в границах данного объекта, но и в зоне его влияния с учётом уже действующих предприятий и сооружений;
- прогнозы изменения окружающей среды под влиянием объекта проводятся с тех же позиций и включают в себя учёт воздействия всех действующих предприятий.

Конкретная реализация рассмотренных положений осуществляется в два этапа.

Первый этап – предварительная оценка воздействия планируемой деятельности на окружающую среду. Она проводится на стадии предпроектных проработок, включая технико-экономическое обоснование (ТЭО) в случаях:

- когда намечаемая деятельность природопользователей может оказать на окружающую среду негативное воздействие;
- когда состояние окружающей среды в районе недостаточно изучено (Управление..., 1996)".

Оценка состояния атмосферы при проведении экологической экспертизы основана на интегральной оценке загрязнения воздушного бассейна исследуемой территории, для определения которой используется система прямых, косвенных и индикаторных критериев.

Прямые критерии оценки. Основными критериями состояния загрязнения воздушного бассейна являются величины предельно допустимых концентраций (*ПДК*), утверждённых ещё Минздравом СССР для вредных веществ, оказывающих отрицательное воздействие на здоровье человека. При этом следует учитывать, что атмосфера занимает особое положение в экосистеме, являясь средой переноса техногенных

загрязнителей и наиболее изменяемой и динамичной из всех составляющих её абиотических компонентов. Поэтому для оценки степени загрязнения атмосферы применяются максимально разовые  $ПДК_{мр}$  – для краткосрочных эффектов и среднесуточные  $ПДК_{сс}$  и среднегодовые  $ПДК_{г}$  – для длительного воздействия (см. раздел 3.3.5).

Степень загрязнения воздуха оценивается по кратности и частоте превышения  $ПДК$  с учётом класса опасности, суммации биологического действия загрязняющих веществ. Уровень загрязнения воздуха веществами разных классов опасности определяется "приведением" их концентраций, нормированных по  $ПДК$ , к концентрациям веществ 3-го класса опасности. Используются фактические максимально разовые, среднесуточные и среднегодовые концентрации за последние несколько лет, но не менее чем за 2 года

Другим важным критерием оценки суммарного загрязнения атмосферного воздуха (различными веществами по среднегодовым концентрациям) является величина комплексного показателя ( $P$ ), равная корню квадратному из суммы квадратов концентраций веществ различных классов опасности, нормированных по  $ПДК$  и приведённых к концентрациям веществ 3-го класса опасности.

Атмосферный воздух является начальным звеном в цепочке загрязнений природных сред и объектов. В отдельных случаях почва и поверхностные воды могут быть источниками вторичного загрязнения атмосферы или, наоборот, показателем её загрязнения. Такое положение определяет необходимость помимо оценки загрязнения непосредственно воздушного бассейна учёт возможных последствий влияния загрязнения атмосферы на сопредельные среды и получения интегральной (комплексной) оценки состояния атмосферы.

Как считает Л.И. Болтнева, оптимальная система компонентов (элементов) интегральной оценки состояния атмосферного воздуха должна включать оценки:

- 1 – уровней загрязнения с санитарных и гигиенических позиций;
- 2 – ресурсного потенциала атмосферы;
- 3 – степени влияния на определённые среды: почвенно-растительный покров и поверхностные воды;
- 4 – тенденций и интенсивности (скорости) процессов антропогенного развития исследуемой природно-технической системы для выявления краткосрочных и долгосрочных эффектов воздействия;
- 5 – определение пространственного и временного масштабов возможных негативных последствий антропогенного воздействия.

Наиболее общим и информативным показателем загрязнения воздуха является  $КИЗА$  – комплексный показатель среднегодового загрязнения атмосферы (см. раздел 3.3.5). Его количественное ранжирование по классу состояния атмосферы приведено в табл. 4.5.

Приведённое ранжирование по классам состояния атмосферы выполнено в соответствии с классификацией уровней загрязнения воздуха по четырехбалльной шкале, где класс нормы соответствует уровню загрязнения воздуха ниже среднего по городам страны, класс риска равен среднему уровню, класс кризиса выше среднего уровня, а класс бедствия значительно выше среднего уровня.

$КИЗА$  применяется для сравнения загрязнения атмосферы различных участков исследуемой территории (городов, районов и т. д.) и для оценки временной (многолетней) тенденции изменения состояния загрязнения атмосферы.

Ресурсный потенциал атмосферы территории определяется её способностью к рассеиванию и выведению примесей, соотношением фактического уровня загрязнения и величиной  $ПДК$ . Оценка рассеивающей способности атмосферы основана на величине таких комплексных климатических или метеорологических показателей, как потенциал загрязнения атмосферы ( $ПЗА$ ) и параметр потребления воздуха ( $ПВ$ ). Эти характеристики определяют особенности формирования уровней загрязнения в зависимости от метеоусловий, способствующих накоплению и выведению примеси из атмосферы.



Критерии оценки состояния загрязнения атмосферы  
по комплексному индексу *КИЗА* (Управление..., 1996)

ПОКАЗАТЕЛИ	Классы экологического состояния атмосферы			
	Нормы ( <i>Н</i> )	риска ( <i>Р</i> )	кризиса ( <i>К</i> )	бедствия ( <i>Б</i> )
Уровни загрязнения воздуха	<5	5 – 8	8 – 15	>15

*ПЗА* – комплексная характеристика повторяемости метеорологических условий, неблагоприятных для рассеивания примеси в воздушном бассейне. На территории страны выделены пять классов *ПЗА*, характерных для городских условий, в зависимости от повторяемости приземных инверсий и застоев, слабых ветров и продолжительности туманов.

Параметр, потребления воздуха (*ПВ*) представляет собой объём чистого воздуха, необходимый для разбавления выбросов загрязняющих веществ до уровня средней концентрации.

В качестве критерия для оценки оптимальности размещения источников загрязнения атмосферы и селитебных территорий используется величина резерва (дефицита) рассеивающих свойств (*ВР*) атмосферного воздуха.

Оценка ресурсного потенциала атмосферы проводится с учётом гигиенического обоснования комфортности климата территории, возможности использования территории в рекреационных и селитебных целях. Важной исходной составляющей при этой оценке является физиолого-гигиеническая классификация погод (т.е. сочетания таких метеофакторов как температура и влажность воздуха, солнечная радиация и др.) холодного и теплого периодов года.

## Вопросы к теме 11:

### 4.3. Оценка опасностей, создаваемых химическим загрязнением воздушной среды населённых пунктов

1 Как производится оценка опасностей загрязнения воздушной среды по максимальным разовым концентрациям и как они вычисляются?

2 Какие классы опасностей установлены в соответствии с (критериями..., 1992) для зон экологического бедствия и зон чрезвычайной экологической ситуации?

3 Как производится оценка опасностей загрязнения воздушной среды по среднесуточным концентрациям?

4 Какие установлены критерии оценки загрязнения воздуха по среднегодовым концентрациям?

5 Какие установлены критерии оценки загрязнения воздуха по комплексному критерию *КИЗА*?

6 Как учитывается опасность кислотных выпадений?

7 Задача 1. Выберите из табл. 4.19 пять-семь загрязняющих веществ. Задайте для этих веществ произвольно величины концентраций в воздухе. Приведите величины концентраций, нормированных по *ПДК*, к третьему классу опасностей. Определите *КИЗА*. Определите степень опасности по превышению *КИЗА* и по превышению средней концентрации. Определите класс опасности.

## Тема 12.

### 4.5. Оценка опасности загрязнения водных объектов

Опасное для здоровья людей снижение качества питьевой воды, вследствие интенсивного загрязнения источников водоснабжения и санитарно-эпидемиологического состояния водных объектов рекреационного назначения, является важнейшим фактором изменения среды обитания человека и играет важную роль при определении степени экологического неблагополучия территорий.

Опасность загрязнения водных объектов оценивают по комплексному индексу загрязнения, индексу сапробности и по микробиологическим показателям.

В зависимости от величины *ИЗВ* участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 4.6). Индексы загрязнения воды можно сравнивать в пределах одного региона для водоёмов сходного типа, для одного и того же водотока по течению и других сходных водных объектов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обслуживающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее двадцати организмов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати.

Таблица 4.6

Классы качества вод в зависимости от величины *ИЗВ*  
(Справочные..., 1999)

Воды	Значения <i>ИЗВ</i>	Класс качества вод
Очень чистые	До 0,2	1
Чистые	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязнённые	1,0 – 2,0	3
Загрязнённые	2,0 – 4,0	4
Грязные	4,0 – 6,0	5
Очень грязные	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязные	> 10,0	7

В табл. 4.7 приведена классификация водных объектов по значению индекса сапробности *S*, которые также нормируются.

Таблица 4.7

Классы качества вод в зависимости  
от индекса сапробности (Справочные..., 1999)

Класс качества	Зоны	Индекс сапробности <i>S</i>	Классы качества воды
Очень чистые	Ксеносапробная	До 0,2	1
Чистые	Олигосапробная	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязнённые	а-мезосапробная	1,0 – 2,0	3
Тяжело загрязнённые	б-мезосапробная	2,0 – 4,0	4
Очень тяжело загрязнённые	Полисапробная	4,0 – 6,0	5
Очень грязные	полисапробная	6,0 – 10,0	6

Индекс загрязнения воды и индекс сапробности следует отнести к интегральным характеристикам состояния водных объектов.

Уровень загрязнённости и класс качества водных объектов иногда устанавливают в зависимости от микробиологических показателей (табл. 4.8)

Классы качества воды по микробиологическим показателям  
(Справочные..., 1999)

Уровень загрязнённости и класс качества вод	Микробиологические показатели		
	Общее число бактерий $10^6$ клеток/мл	Число сапрофитных бактерий 1000 клеток/мл	Отношение общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий
Очень чистые, I	< 0,5	< 0,5	< 1000
Чистые, II	0,5–1,0	0,5–5,0	> 1000
Умеренно загрязнённые, III	1,1–3,1	5,1–10,0	1000–100
Загрязнённые, IV	3,1–5,0	10,1–50,0	< 100
Грязные, V	5,1–10,0	50,1–100,0	< 100
Очень грязные, VI	> 10,0	> 1000,0	< 100

Показатели санитарно-эпидемиологического состояния водных источников питьевого и рекреационного назначения и безопасности питьевой воды, приведённые в "Критериях..." даны в таблицах 4.9, 4.10 и 4.11.

Критерии санитарно-гигиенической оценки эпидемической опасности  
питьевой воды и водных источников питьевого и рекреационного назначения  
(Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
1.1	<b>Питьевая вода:</b> Питьевая вода централизованного водоснабжения: 1.1.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 1.1.2. Коли-индекс * 1.1.3. Индекс колифага **	> 10  > 50 > 10	единичная встречаемость не > 50 не > 10	0 < 3 0
1.2	Питьевая вода не централизованного водоснабжения: 1.2.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 1.2.2. Коли-индекс *	> 10  > 100	единичная встречаемость > 100	0  не > 100
№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
2	Вода источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения:			
2.1	Поверхностные: 2.1.1. Не полный комплекс очистных сооружений или без него: 2.1.1.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 2.1.1.2. Коли-индекс * 2.1.2. При полном комплексе очистных сооружений: 2.1.2.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 2.1.2.2. Коли-индекс * 2.1.2.3. % проб воды с индексом колифага более 100 БОЕ/дм <sup>3</sup>	> 10  > 50 000  > 15  > 500 000 > 60	< 10  > 5 000  менее 15  > 25 000 20 – 60	0  < 500  0  < 5 000 < 20
2.2	<b>Подземные:</b> 2.2.1. Без обеззараживания: 2.2.1.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 2.2.1.2. Коли-индекс * 2.2.2. При обеззараживании: 2.2.2.1. Патогенные микроорганизмы (% положительных проб) 2.2.2.2. Коли-индекс *	> 10  > 50  > 10  > 20	единичная встречаемость 20 – 50  единичная встречаемость < 20	0  < 3  0  < 10
3	<b>Рекреационные воды;</b> 3.1. Патогенные бактерии: 3.1.1. Индекс патогенных бактерий 3.1.2. % положительных проб 3.2. Коли-индекс 3.3. Средний индекс колифага	> 100  > 20  > 10 000 > 1 000	не > 100  не > 20  до 10 000 100 – 1 000	единичная встречаемость единичная встречаемость до 5 000 < 100

*Примечание: \* Коли-индекс – количество кишечных палочек в 1 дм<sup>3</sup> воды; \*\* Индекс колифага (показатель вирусного загрязнения) – количество бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 1 дм<sup>3</sup> воды; \*\*\* Индекс патогенных бактерий – количество патогенных бактерий в 1 дм<sup>3</sup> воды.*

Заключение о степени санитарно-экологического неблагополучия может быть сделано на основании стабильного сохранения негативных значений основных показателей в течение достаточно длительного периода (не менее одного года). При этом, как правило, отклонения от норм должны наблюдаться по нескольким показателям за исключением случаев загрязнения водных источников и питьевой воды патогенными микроорганизмами и возбудителями паразитарных заболеваний, а также особо токсичными (чрезвычайно опасными) веществами, когда заключение о неблагополучии может быть сделано на основании одного показателя.\*

*\*Примечание: Применительно к оценке эпидемической опасности рассматриваются только те территории, где отмечаются хронические эпидемии кишечных инфекций, возбудители которых встречаются в водных объектах. Другие формы проявления эпидемического процесса (в частности, вспышки) не учитываются.*

Показатели, характеризующие загрязнение водных источников и питьевой воды веществами, отнесёнными к третьему и четвёртому классам опасности, а также физико-химические свойства и [органолептические](#) характеристики воды, относятся к дополнительным.

Дополнительные показатели используются для подтверждения степени интенсивного антропогенного загрязнения водных источников, определенного по основными показателями.

Критерии санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников питьевого водоснабжения химическими веществами \*  
(Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
1	Основные показатели**	> 3	2 – 3	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
1.1	Содержание токсических веществ первого класса опасности (бериллий, ртуть, бенз/а/пирен, линдан, 3,4,7,8 - диоксин, дихлорэтилен, диэтилртуть, галлий, тетраэтилсвинец, тетраэтилолово, трихлорбифенил и др.), ПДК			
1.2.	1.2.Содержание токсичных веществ второго класса опасности (алюминий, барий, бор, кадмий, молибден, мышьяк, нитриты, свинец, селен, стронций, цианиды и др.), ПДК	> 10	5 – 10	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
2	Дополнительные показатели			
2.1	Содержание токсичных веществ третьего и четвертого классов опасности (аммоний, никель, нитраты, хром, медь, марганец, цинк, фенолы, нефте-продукты, фосфаты и др.), ПДК	> 15	10 – 15	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
2.2	Физико-химические свойства:			
	2.2.1. рН	< 4	4 – 5,2	4 – 5,2
	2.2.2. БПК полн. мг/л	< 10	8 – 10	8 – 10
	2.2.3.. ХПК, мг/л	> 80	60 – 80	60 – 80
	2.2.4. Растворённый кислород, мг/л	< 1	1 – 2	> 4
№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
2.3	Органолептические характеристики:			
	2.3.1.Запах и привкус, баллы	5	3 – 4	не > 1 – 2
	2.3.2. Плавающие примеси (плёнки, масляные пятна и др.)	Плёнка темной окраски, занимающая до 2/3 обзорной площади	Яркие полосы или пятна тусклой окраски	Отсутствие

Примечания: \* – степень опасности загрязнения водоисточников питьевого назначения оценивается с учетом влияния пороговой концентрации веществ на санитарный режим водоемов и барьерной способности используемой технологической схемы водоочистки.

\*\* – Класс опасности веществ определяется в соответствии с СанПиН 4630-88.

Таблица 4.11

Критерии санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и водных источников питьевого назначения возбудителями паразитарных болезней и микозов человека (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
1	Питьевая вода			
	1.1. Кишечные патогенные простейшие: - цисты лямблий, дизентерийных амёб, балантидий, криптоспоридий	> 100	11 – 100	отсутствие
	1.2. Геогельминты: - яйца аскарид, власоглавам, трихостронгирид	> 5	4 – 5	отсутствие
	1.3. Биогельминты: яйца тениид	> 10	6 – 10	отсутствие
	1.4. Актиномицеты* КОЕ/дм <sup>3</sup> - содержание колониальных единиц в 1 дм <sup>3</sup> воды	> 10 000	100 – 10 000	отсутствие
2	Рекреационные воды			
	2.1. Кишечные патогенные простейшие: - цисты лямблий, дизентерийных амёб, балантидий, криптоспоридий	> 100	11 – 100	отсутствие
	2.2. Геогельминты: - яйца аскарид, власоглавам, трихостронгирид	> 5	4 – 5	отсутствие
	2.3. Биогельминты:			
	2.3.1 - Яйца описторхид дифиллобрид	> 100	11 – 100	отсутствие
	2.3.2 - яйца тениид	> 10	6 – 10	отсутствие
	2.3.3. Яйца шистосоматид (возбудители циркориозов)	> 10	6 – 10	отсутствие
	2.4. Актиномицеты* КОЕ/дм <sup>3</sup> - содержание колониальных единиц в 1 дм <sup>3</sup> воды	>100 0000	1 000 – 100 0000	отсутствие

Примечание: \*/ плесневые и дрожжеподобные грибы

Использование различных критериев оценки качества вод должно основываться на приоритете требований того вида [водопользования](#), чьи критерии жёстче. Например, если водный объект одновременно используется для питьевого и рыбохозяйственного назначения, то к оценке качества вод могут предъявляться более строгие требования (рыбохозяйственные и экологические).

Класс загрязнённости воды также может быть оценён по величине комбинаторного показателя загрязнённости – ЛПЗ.

Оценка загрязнённости воды по показателю ЛПЗ  
(Оценка и регулирование..., 1996)

Величина комбинаторного индекса загрязнения воды	Класс загрязнённости воды				
	I	II	III	IV	V
	условно чистая	слабо загрязнённая	загрязнённая	грязная	очень грязная
При отсутствии ЛПЗ	<1	1 – 2	2,1 – 4	4,1 – 10	> 10
1 ЛПЗ	< 0,9	0,9 – 1,8	1,9 – 3,6	3,7 – 9,0	> 9,0
2 ЛПЗ	< 0,8	0,8 – 1,6	1,7 – 3,2	3,3 – 8,0	> 8,0
3 ЛПЗ	< 0,7	0,7 – 1,4	1,5 – 2,8	2,9 – 7,0	> 7,0
4 ЛПЗ	< 0,6	0,6 – 1,2	1,3 – 2,4	2,5 – 6,0	> 6,0
5 ЛПЗ	0,5	0,5 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 5,0	> 5,0

При комплексной оценке водных объектов, учитывающей загрязнение как воды, так и донных отложений, используют методику, разработанную в ИМГРЭ (Оценка и регулирование..., 1996)

Таблица 4.13

Ориентировочные оценки загрязнения водных систем  
(Оценка и регулирование..., 1996)

Уровень загрязнения	$Z_c$ токсичных веществ в донных отложениях	Содержание токсичных элементов в воде
Слабый	10	Слабоповышенное относительно фона
Средний	10 – 30	Повышенное относительно фона, эпизодическое превышение ПДК
Сильный	30 – 100	Во много раз выше фона, стабильное превышение отдельными элементами уровней ПДК
Очень сильный	> 100	Практически постоянное присутствие многих элементов концентрациях выше ПДК

$Z_c$  – суммарный показатель загрязнения донных отложений. Он определяется так же как и для почв.

#### 4.6. Оценка опасности загрязнения почв селитебных территорий

Почвы, в силу своих природных свойств, способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) населённых пунктов определяется с одной стороны возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, с другой стороны - непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения. Влияние почвы на загрязнение воздуха и вод обследуемых территорий описывается показателями экологического состояния этих сред в соответствующих разделах четвёртой главы.

В табл. 4.14 приведены основные и дополнительные критерии экологической оценки состояния почв населённых пунктов и экспертно принятая параметрическая оценка показателей, позволяющая отнести почвы обследуемых территорий к зонам экологического бедствия и зонам чрезвычайной экологической ситуации.



Критерии экологического состояния  
почв селитебных территорий (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие ст. 59	Чрезвычайная экологическая ситуация ст. 58	Относительно удовлетворительные
1	2	3	4	5
	Основные показатели:			
1	Мощность экспозиционной дозы на уровне 1 м от поверхности почвы, мкР/час	> 400	200 – 400	до 20
2	Радиоактивное загрязнение, Ки/км <sup>2</sup> цезий-137 стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	> 40 > 3 > 0,1	15 – 40 1 – 3 > 0,1	до 1 до 0,3 отсутствие
3	Суммарный показатель химического загрязнения (Zс)	> 128	32 – 128	< 16
	Дополнительные показатели			
1	Содержание яиц гельминтов в 1 кг почвы	> 100	10 – 100	отсутствие
2	Число патогенных микроорганизмов в 1г почвы	> 10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>6</sup>	< 10 <sup>4</sup>
3	Коли-титр*	< 0,001	0,01 – 0,001	> 1,0
4	Генотоксичность почвы (рост числа мутаций по сравнению с контролем), число раз	> 1000	100 – 1000	до 2

Примечание: \* – коли-титр для почвы – наименьшая масса почвы в г, в которой содержится 1 кишечная палочка.

Экологическая оценка радиоактивного загрязнения почв селитебных территорий проводится по двум основным показателям: мощности экспозиционной дозы на уровне 1 м от поверхности почвы (мкЗв/час) и степени [радиоактивного загрязнения](#) по отдельным радиоизотопам (кюри/км<sup>2</sup>).

Химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Zс), который рассчитывается по формуле (3.23).

Для загрязняющих веществ природного происхождения коэффициент концентрации определяют как частное от деления массовой доли загрязняющего вещества и его предельно допустимой концентрации.

К дополнительным показателям экологического состояния почв селитебных территорий относятся генотоксичность и показатели биологического загрязнения (число патогенных микроорганизмов, коли-титр и содержание яиц гельминтов).

#### 4.7. Оценка опасности радиационного загрязнения территорий

Основной критерий, характеризующий степень радиоэкологической безопасности человека, проживающего на загрязнённой территории – среднегодовое значение эффективной [дозы](#).

Единицей эффективной дозы является Зиверт (Зв). Для оценки общих последствий облучения населения в случае проживания на загрязнённой территории используется коллективная эффективная [доза](#), которая представляет собой произведение средней эффективной дозы по группе людей на число индивидуумов в этой группе.

Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) рекомендована в качестве предела дозы облучения населения – доза, равная 1 мЗв/год (0,1 бэр/год).

К основным путям облучения человека, которые должны учитываться при оценках реальных эффективных доз, относятся: внешнее облучение от гамма-излучающих радионуклидов, внешнее облучение от аэрозольных выпадений, внутреннее облучение по пищевым цепочкам и по ингаляционному пути.

Человек выбран в качестве основного объекта защиты в связи с отсутствием достоверных и систематизированных данных по уровням и эффектам облучения других биологических объектов и систем и в связи с высокой радиочувствительностью человеческого организма.

Территории, в пределах которых среднегодовые значения дополнительной (сверх естественного фона) эффективной дозы облучения человека не превышают 1 мЗв, относятся к территориям с относительно благополучной экологической обстановкой.

Для индивидуальных доз в 1 мЗв /год уровень индивидуального риска (вероятность возникновения стохастических эффектов – онкологических заболеваний и тяжелых генетических нарушений) составляет по оценкам МКРЗ – 0,0001 в год.

Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (дополнительного, сверх естественного фона) могут превысить 5 мЗв и находиться в диапазоне доз до 10 мЗв, необходимо относить к территориям чрезвычайной экологической ситуации. Уровень индивидуального риска на этих территориях возрастает до 0,001 в год (Табл.4.15).

Таблица 4.15

Критерии радиационной безопасности (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие ст. 59	Чрезвычайная экологическая ситуация ст. 58	Относительно удовлетворительные
1	2	3	4	5
	Эффективная доза облучения, мЗв/год	> 10	от 5 до 10	< 1

Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (дополнительного, сверх естественного фона) могут превысить 10 мЗв, необходимо относить к территориям экологического бедствия. На этих территориях уровень индивидуального риска может быть существенно выше 0,001/год.

Указанные значения эффективной дозы облучения человека включают сложившийся техногенно-измененный фон.

## Контрольные вопросы и задачи

1. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по максимально-разовым концентрациям?
2. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по среднесуточным концентрациям?
3. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по среднегодовым концентрациям?
4. В каких случаях применяют оценку опасности загрязнения воздушной среды по максимально-разовым, средне суточным и среднегодовым концентрациям?
5. Какие классы качества воды установлены по значениям ИЗВ и индекса сапробности и микробиологическим показателям?
6. Какие показатели качества воды установлены "Критериями..., 1992" и какие показатели соответствуют норме и какие зонам экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации?
7. Охарактеризуйте критерии экологического состояния почв селитебных территорий.
8. Какими показателями характеризуется радиоактивное загрязнение территорий?
9. Каковы допустимые уровни техногенного радиационного загрязнения территорий и какими документами они установлены?

## 4.8. Критерии оценки опасности изменения природной среды

### 4.8.1. Опасность загрязнения воздушной среды (Критерии..., 1992)

Основными показателями загрязнения атмосферного воздуха, характеризующими воздействие на природную среду (растительность, почвы, поверхностные и подземные воды), являются критические нагрузки и критические уровни загрязняющих веществ. Под ними понимают максимальные значения выпадений или, соответственно, концентраций в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, которые не приводят к вредным воздействиям на структуры и функции экосистем в долгосрочном плане.

В таблице 4.16 приведены значения критических уровней диоксида серы, диоксида азота, фтористого водорода и озона, влияющих на наземную растительность, а также значения критических нагрузок по соединениям серы, азота и ионов водорода, влияющих на лесные и водные экосистемы (для Европейской части России).

Как установлено из опыта, критерием для выделения зон экологического бедствия может служить превышение в 10-15 раз превышение критических уровней и нагрузок для различных ингредиентов и в зависимости от чувствительности экосистем.

Таблица 4.16

Критерии загрязнения атмосферного воздуха по веществам, влияющим на наземную растительность и водные экосистемы (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели, мг/м <sup>3</sup>	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные	Время воздействия
	Критические уровни для наземной растительности				
1.	Диоксид серы	> 300	200 – 300	< 30	среднегодовое
2.	Диоксид азота	> 300	200 – 300	< 30	среднегодовое
3.	Фтористый водород	> 20	10 – 20	< 2 – 3	Долгосрочное воздействие
4.	Озон	> 1500	1000 – 1500	< 2 – 3	Максимальная в течение 1 часа
5.	Озон	> 500	400 – 600	< 60	средняя в течение 3 часов
6.	Озон	> 500	300 – 500	< 50	средняя между 9 и 16 часами дня в период с 1 апреля по 30 сентября
	Критические нагрузки для лесных и водных экосистем				
7.	Соединения серы, г/м <sup>2</sup> в год	> 5	3,0 – 5,0	< 0,32	Северные и центральные районы
8.	Соединения азота, г/м <sup>2</sup> в год	> 4	2,0 – 4,0	< 0,28	Северные и центральные районы
8.	Ионы водорода, г/м <sup>2</sup> в год	> 300	200 – 300	< 20	Северные и центральные районы

#### 4.8.2. Опасность загрязнения поверхностных вод (Критерии..., 1992)

Выявление уже сформировавшихся зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия осуществляется по химическим и биологическим показателям, приведённым в таблицах 4.16 и 4.17.

В первую очередь, в качестве основных показателей оценки состояния поверхностных вод выбраны токсичные, приоритетные загрязняющие вещества, в том числе вещества обладающие кумулятивными свойствами накапливаться в органах и тканях гидробионтов (табл. 4.17).

При выделении рассматриваемых зон используются показатели по бактериопланктону, фитопланктону, зоопланктону и ихтиофауне. Кроме того, для определения степени токсичности вод применяется интегральный показатель – биотестирование (на низших ракообразных).

При этом соответствующий уровень токсичности водной массы должен наблюдаться во все основные фазы гидрологического цикла.

Таблица 4.17

Критерии оценки степени химического загрязнения поверхностных вод\* (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
	Основные показатели			
1	Химические вещества, ПДК 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	> 10 > 100	5 – 10 50 – 100	1 1
2	ПХЗ <sub>макс</sub> ** 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	> 80 > 500	35- 80 до 500	1 10
	Дополнительные показатели:			
	1. Запахи, привкусы, балшы	> 4	3 – 4	2
	2. Плавающие примеси: нефть и нефтепродукты	Плёнка темной окраски занимающая 2/3 обозримой площади	Яркие полосы или тусклая окраска пятен	Отсутствие
3	Реакция среды, рН	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5	6,5 – 8,0
4	Химическое потребление кислорода ХПК (антропогенная составляющая к фону) мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	20 – 30	10 – 20	
5	Растворённый кислород, % насыщения	10 – 20	20 – 50	> 80
6	Биогенные вещества: нитриты (NO <sub>2</sub> ), ПДК	> 10	> 5	< 1
	нитраты (NO <sub>3</sub> ), ПДК	> 20	> 10	< 1
	соли аммония (NH <sub>4</sub> ), ПДК	> 10	> 5	< 1
	фосфаты (PO <sub>4</sub> ), ПДК	> 0,610	0,3 – 0,6	< 0,05
7	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup> (превышение регионального уровня)	3 – 5	2 – 3	Региональный уровень
8	К <sub>ДА</sub> (коэффициент донной аккумуляции)	и * 10 <sup>4</sup>	и × 10 <sup>3</sup> – и × 10 <sup>4</sup>	и × 10
9	К <sub>н</sub> (коэффициент накопления в гидробионтах)	> и × 10 <sup>5</sup>	и × 10 <sup>4</sup> – и × 10 <sup>5</sup>	и × 10

Примечания: \* при стабильном сохранении химического загрязнения в течении трех лет; \*\* ПХЗ<sub>макс</sub> – формализованный суммарный показатель химического загрязнения вод для максимально превышающих ПДК загрязняющих веществ; \*\*\* – заключение о степени неблагополучия может быть сделано на основе одного из основных показателей при условии стабильного сохранения указанных в таблице параметров (см. раздел 4.5.5).

В таблице 4.18 основные показатели по фитопланктону, зоопланктону и зообентосу приняты, прежде всего, на основании данных региональной службы гидробиологического контроля, характеризующих степень экологической деградации пресноводных экосистем.

Параметры показателей, предложенных для выделения зон, должны наблюдаться на данной территории постоянно на протяжении достаточно длительного времени с минимальным периодом не менее 3 лет.

При оценке состояния водных экосистем важны показатели по ихтиофауне, особенно для уникальных, особо охраняемых водных объектов и водоёмов первой и высшей рыбохозяйственной категории.

Показатели, приведённые в табл. 4.18, следует рассматривать с учётом региональных особенностей, категории и трофического статуса водоёмов (водотоков).

Рекомендуется использовать любые дополнительные показатели, не вошедшие в обязательный перечень, но дающие необходимые сведения для более полной характеристики состояния водных экосистем.

Критерии оценки состояния пресноводных экосистем (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
1	2	3	4	5
	Основные показатели:			
1	Концентрация хлорофилла <i>a</i> , мкг/дм <sup>3</sup>	> 50	30 – 50	< 10
2	Средняя биомасса фитопланктона, мг/дм <sup>3</sup>	> 100	30 – 100	< 10
3	Фитомасса нитчатых водорослей, кг/кв. м.	> 3,0	2,6 – 3,0	< 2,0
4	Фитопланктон:	Отсутствие водорослей или единичные экз. видов	Плёнка синезеленых водорослей, пряди нитчатых водорослей, отдельные представители других групп водорослей	Естественное развитие фитопланктона
5	Зоопланктон	Единичные экземпляры панцирных коловраток, их зимние яйца, единичные экз. низших ракообразных	Резкое снижение численности и разнообразия панцирных коловраток	Естественное развитие зоопланктона
6	Зообентос	Присутствие только некоторых видов червей, не требовательных к кислороду (тубифицид)	Резкое сокращение численности и разнообразия донных животных, присутствие тубифицид (олигохет) и тантопидин (хинонмид)	Естественное развитие зообентоса на региональном уровне
7	Биологический индекс по Вудвису (с учётом региональных особенностей), баллы	< 1	1 – 3	> 6
8	Олигохетный индекс, отношение численности олигохет к численности всего зообентоса, %	> 80	80 – 60	< 40
9	Информационный индекс сапробности Попченко*	> 0,9	0,7 – 0,9	< 0,3
10	Забоеваемость рыб, связанная с хроническим токсикозом (миопатия, язвенная болезнь и т. д.) % от годового улова	> 50	< 50	отсутствие признаков
11	Ихтиофауна	Исчезновение ценных и редких видов рыб; отсутствие запасов промысловых рыб; редкая встречаемость малощенных и сорных рыб	Резкое снижение доли ценных и редких видов рыб; резкое снижение запасов промысловых рыб	Сохранение естественного состояния ихтиофауны; величина вылова не нарушает естественного воспроизводства рыб
12	Интегральный показатель качества вод: биотестирование на ракообразных (дафнии или цериодафнии), гибель 50% и более рачков в течение 96 и 48 часов соответственно	Не проявляется при кратности разбавления 100 и более раз	Не проявляется при кратности разбавления от 50 до 100 раз	В неразбавленной воде хроническое токсическое действие отсутствует
	Дополнительные показатели:			
1	Количество сапрофитных бактерий, тыс. кл./мл	> 7 × 10 <sup>5</sup>	7 × 10 <sup>5</sup> – 2 × 10 <sup>5</sup>	< 0,1 10 <sup>5</sup>
2	Общее количество бактерий, млн кл./мл	> 4 × 10 <sup>7</sup>	4 × 10 <sup>6</sup> – 2 × 10 <sup>7</sup>	< 0,4 10 <sup>7</sup>
3	Индекс сапробности по Пантле и Буку (в модификации Сладечека)*	> 4	4 – 3	1,5 – 2,5
4	Олигохетный индекс по Парепе* $D_2 = \frac{N_{\text{тубифицид}}}{N_{\text{олигохет}}}$	> 0,8	0,7 – 0,8	< 0,3

Примечание: \*см. раздел 3.5.3.2.

В монографии (Управление..., 1996) для оценки опасности загрязнения поверхностных вод используют индикационные критерии оценки. В последние годы биоиндикация получила достаточно широкое распространение при оценках качества поверхностных вод. Она по функциональному состоянию (поведению) тест-объектов (ракообразные – дафнии, водоросли – хлорелла, рыбы – гуппии) позволяет ранжировать воды по классам состояний (нормы, риска, кризиса бедствия) и по существу даёт интегральную оценку их качества и определяет возможность использования воды для питьевых целей. Лимитирующим фактором использования метода биотестирования является продолжительный срок проведения анализа (не менее 96 часов) и отсутствие информации о химическом составе воды. Пример использования биотестов для определения качества воды приводится в табл. 4.19 (по Ю. Я. Кислякову).

Таблица 4.19

Критерии оценки состояния поверхностных и сточных вод на основе биотестов  
(по состоянию тест-объекта)

Оценочные показатели (тест-объекты)	Классы состояния поверхностных вод			
	нормы (Н) (нормальная степень загрязнения)	риска (Р) (малой степени загрязнения)	кризиса (К) (средней степени загрязнения)	бедствия (Б) (катастрофы)
Ракообразные (дафнии)	<10	20	40	>60
Водоросли (хлорелла) Рыбы (гуппии)	<10 <10	20 20	40 40	>60 >60

Цифры в таблице:

- для дафний – % гибели в течение 96 часов экспозиции в тестируемой воде;
- для хлорелл – % уменьшения числа клеток в тестируемой воде по сравнению с контрольной;
- для рушгай – % гибели в течение 96 часов экспозиции в тестируемой воде.

### 4.8.3. Опасность истощения ресурсов поверхностных вод

В качестве основного показателя оценки степени истощения водных ресурсов взята норма безвозвратного изъятия поверхностного стока (Критерии..., 1992).

За норму принят предельно допустимый объём безвозвратного изъятия поверхностного стока, составляющий 10-20% от среднесуточного значения естественного стока (табл. 4.20), который устанавливается индивидуально для каждой реки и в целом по бассейну с учётом требований к объёму речного стока замыкающего водоема (створа).

Таблица 4.20

Критерии оценки истощения водных ресурсов (Критерии..., 1992)

Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
Безвозвратное изъятие объёма поверхностного стока, число раз от допустимой нормы	> 2	< 2	допустимая норма

Безвозвратное изъятие поверхностного стока включает безвозвратное [водопотребление](#) в коммунальном хозяйстве, промышленности, теплоэнергетике, сельхозводоснабжении, орошении и промышленном рыбоводстве, с учётом потерь на испарение, межбассейновой переброски стока рек и др. Оценка объёма безвозвратного изъятия стока проводится для замыкающих створов рек. Устанавливается внутригодовое безвозвратное водопотребление.

Нормы предельно-допустимого изъятия поверхностного стока должны устанавливаться с целью сохранения экологически устойчивого состояния водных экосистем, поддержания их способности к саморегуляции и самовоспроизводству.

В монографии (Управление..., 1996) для оценки опасности истощения поверхностных вод используют ресурсные критерии оценки. Для поверхностных вод в качестве критериев оценки их ресурсов можно рекомендовать два наиболее ёмких показателя – величина поверхностного или речного стока или изменение его режима применительно к определённому бассейну и объёма возможного единовременного отбора.

Эти критерии, с ранжированием по классам состояния, приведены в таблице 4.21. Сами критерии являются общепринятыми и используемыми в нормативных документах, а их градация по классам состояния поверхностных вод договорная и опирается на публикации специалистов.

Таблица 4.21

Ресурсные критерии оценки поверхностных вод

Оценочные показатели	I (Н)	II (Р)	III (К)	IV (Б)
Изменение речного стока (в % от первоначального)	<15	15-20	50-75	>75
Объём возможного единовременного водоотбора (куб.м/с)	>5	1-5	<1	отсутствует

#### 4.8.4. Опасность загрязнения морских вод

Выявление зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия для морских акваторий проводится по основным химическим и биологическим показателям (таблицы 4.22 и 4.23) на основе анализа и обобщения результатов многолетних наблюдений.

Для совокупной оценки опасных уровней химического загрязнения морских вод в случае выявления нескольких загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих *ПДК*, предлагается применять, как и для пресных вод, формализованный суммарный показатель химического загрязнения – *ПХЗ<sub>макс</sub>* (из преобладающих по превышению *ПДК* загрязняющих веществ).

К дополнительным показателям по химическому загрязнению отнесены *БПК-5* и растворённый кислород.

Таблица 4.22

Критерии оценки степени химического загрязнения морских вод\*  
(Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
	Основные показатели			
1	Химические вещества, <i>ПДК</i> 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	> 10 > 100	5 – 10 50 – 100	1 1
2	<i>ПХЗ<sub>макс</sub></i> ** 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	> 80 > 500	35– 80 до 500	1 10
	Дополнительные показатели:			
1	<i>БПК-5</i>	> 100	10 – 100	1
2	Кислород растворённый, мг/О <sub>2</sub>	< 2	< 3	4 – 6

Примечания: \* при стабильном сохранении химического загрязнения в течении трех лет; \*\* *ПХЗ<sub>макс</sub>* - формализованный суммарный показатель химического загрязнения вод для максимально превышающих *ПДК* загрязняющих веществ (см. раздел 4.5.5).

Для оценки чрезвычайной экологической ситуации по биологическим показателям используются структурные и функциональные характеристики бактерио-, фито- и зоопланктона, бентоса и ихтиофауны, а также отдельных таксонов и видов гидробионтов. Экологическое бедствие в морской экосистеме характеризуется резким изменением численности и биомассы ещё оставшихся в составе сообществ видов, а при эвтрофикации морских акваторий – мощным "цветением" водорослей (например



"красные приливы"), исчезновением донной флоры и фауны, резким увеличением концентраций индикаторных микроорганизмов. Даже при снижении нагрузок продолжается процесс разрушения структурно-функциональных связей. Изменения в экосистемах приобретают необратимый характер.

К дополнительным биологическим показателям оценки состояния морских экосистем отнесен показатель – "морфологические изменения гидробионтов".

Рекомендуется использовать любые иные показатели, не вошедшие в табл. 4.22 и 4.23, но дающие дополнительные сведения о характере, причинах и степени неблагоприятной ситуации.

К числу рекомендуемых отнесены следующие:

1. Интегральная оценка загрязнения морских вод и донных отложений веществами, имеющими мутагенный эффект на тест-объектах (стандартные штаммы микроорганизмов). Мутагенный эффект выражается в процентах проб, вызывающих мутации стандартных штаммов. Относительно удовлетворительная ситуация характеризуется уровнем менее 5 %, чрезвычайная экологическая ситуация – 20-30 %, экологическое бедствие – более 30 %. Оценка загрязнений донных отложений соединениями с мутагенной активностью отражает длительность экологической ситуации на акватории.

Критерии оценки экологического состояния морских акваторий  
(Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
Основные показатели:				
1	Биомасса планктона и макрозообентоса, % от контрольного уровня	< 30 или > 300	30 – 50 или 200 – 300	100
2	Число видов в планктонных сообществах (видовое разнообразие), % от контрольного уровня	< 50	50 – 80	90 – 100
3	Запасы икhtiофауны и промысловых беспозвоночных, % от контрольного уровня	Отсутствие	Уменьшение запасов на 40 – 50 %, замена коммерческих видов на малоценные	Наличие запасов промысловых рыб и беспозвоночных, в т. ч. коммерчески ценных
4	Состояние сообществ зообентоса, в т. ч. исходных видов (% от контрольного уровня)	Периодическое возникновение и исчезновение групп зообентоса, наличие менее 20 % исходных видов, деградация сообщества	Исчезновение крупных организмов, Присутствие только олигохет или полихет. Наличие 20 – 50 % исходных видов	Заметное разнообразие. Наличие свободноживущих организмов (ракообразные и другие группы организмов)
5	Численность индикаторных форм микроорганизмов, % от общей численности микроорганизмов	> 60	30 - 60	< 10
6	Доля гидробионтов вселенцев, % от общей биомассы	> 50	25 – 50	< 5
7	Уровень первичной продукции, % от контрольного уровня	Около 0 или > 300 (гиперэвтрофирование)	< 50 или 200 – 300 (эвтрофирование)	< 50 или 100
8	Состояние макрофитов	Исчезновение макрофитов	Резкое сокращение площадей макрофитов, высокая концентрация токсических загрязняющих веществ в талломах	Нормально развитые донные фитocenозы с высоким видовым разнообразием
Дополнительные показатели:				
	Морфологические изменения гидробионтов (размеры и масса тела, появление уродливых форм и т. п.), % от контрольного уровня	> 50	20 – 50	< 5

Примечание: \* – контрольный уровень – среднее значение показателя по ряду многолетних данных, полученных за 10 и более лет.

2. Критические концентрации воздействия загрязняющих веществ (КК). Значения КК характеризуют максимально допустимый уровень загрязнения (мкг/л) водной среды токсичными веществами. При чрезвычайной экологической ситуации, при которой изменения в функционировании морских экосистем являются еще обратимыми, КК от 1 до 2.

При экологическом бедствии, выражающемся в резкой деградации морской экосистемы, КК более 2–3. Значение КК ряда загрязняющих веществ приведены в разделе 3.5.5.

#### 4.8.4. Опасность загрязнения подземных вод

Загрязнение подземных вод на участках зоны влияния хозяйственных объектов характеризуется концентрацией загрязняющих веществ и размером площади области загрязнения.

Основные и дополнительные показатели загрязнения подземных вод на участках зоны влияния хозяйственных объектов приведены в таблице 4.24.

Показатели загрязнения подземных вод на участках водозаборов включены в критерии оценки степени загрязнения источников питьевого водоснабжения (табл. 4.15).

Оценка опасности загрязнения подземной гидросферы (подземных вод согласно монографии (Управление ..., 1996) чётко регламентирована нормативными и директивными документами и устанавливается по отношению к ПДК. Для оценки масштабов техногенного загрязнения подземных вод В.М. Гольдберг предлагает ввести физические точки их отсчёта. Такими точками отсчёта могут быть качество подземных вод в естественном состоянии ( $C_e$ ) и предельно-допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в подземных водах, используемых для питьевых целей.

Таблица 4.24

Критерии оценки степени загрязнения подземных вод для участков хозяйственных объектов (промзоны) \* (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
Основные показатели				
1	Содержание загрязняющих веществ (нитраты, фенолы, тяжелые металлы, СПАВ, нефть, РОВ), ПДК	> 100	10 – 100	3 – 5
2	Хлорорганические соединения, ПДК	> 3	1 - 3	< 1
3	Канцерогены, бенз-а-пирен, ПДК	> 3	1 – 3	< 1
4	Площадь области загрязнения, кв. км	> 8	3 – 5	< 0,5
5	Минерализация, г/л	> 100	10 – 100	< 3
Дополнительные показатели:				
1	Растворённый кислород, мг/л	< 1	4 – 1	> 4

Примечание: ПДК - санитарно-гигиенические (\*) - см. табл. 4.38.

Кроме того, для характеристики масштабов загрязнения подземных вод важное значение имеет размер площади (F) области загрязнения. Таким образом, состояние загрязнения подземных вод дается по двум показателям: качеству подземных вод (C) и размерам области загрязнения (F). На этой основе выделяется четыре уровня состояния подземных вод или классов их состояний:

– относительного благополучия (класс нормы). В основном качество подземных вод соизмеримо с  $C_e$ , может превышать его, но не выходить за рамки ПДК, т.е.  $C_e < C$  ПДК, при этом области загрязнения или вообще отсутствуют или незначительны по размерам ( $F < 0,5 \text{ км}^2$ );

– появление постоянных тенденций негативных изменений (класс риска). Качество подземных вод непрерывно ухудшается, оно достигло ПДК или превышает его, но не более 3–5 ПДК на отдельных участках (F от 0,5 до 5 км<sup>2</sup>);

– кризисное состояние (класс кризиса). Качество подземных вод на больших площадях существенно превышает  $ПДК$  (до 10 раз), т.е.  $ПДК < C/ПДК$ , при этом размеры площадей загрязнения меняются от 5 до 10 км<sup>2</sup>;

– бедственное состояние (класс бедствия). Качество подземных вод в зоне загрязнения более 10  $ПДК$  с тенденцией к ухудшению, при этом размеры площадей загрязнения более 10 км<sup>2</sup> с тенденцией к увеличению.

В первой зоне не требуется никаких специальных природоохранных мер, кроме соблюдения требований законодательства и осуществления контроля за состоянием подземных вод.

Во второй зоне должны быть предусмотрены ограничительные меры.

В третьей и четвёртой зонах необходимо незамедлительное осуществление специальных защитных мер.

Для подземных вод в качестве критериев оценки их ресурсов также можно рекомендовать несколько основных показателей. Модуль эксплуатационных запасов (л/с с/км<sup>2</sup> территорий), который при необходимости может быть дифференцирован по водоносным горизонтам, используемым для централизованного водоснабжения и величину сработки водоносных горизонтов. Эти показатели наиболее целесообразно использовать на предпроектной стадии работ.

#### **4.8.5. Опасность загрязнения и деградации почв**

Выбор критериев экологической оценки состояния почв определяется спецификой их местоположения, генезисом, буферностью, а также разнообразием их использования и с учётом площадей с различной степенью деградации почв. Выявление видов деятельности, вызывающих загрязнение почвы, даёт более полное представление о масштабе и степени загрязнения на обследуемой территории и позволяет значительно сузить и конкретизировать количество показателей.

В оценке экологического состояния почв основными показателями степени экологического неблагополучия являются критерии физической деградации, химического и биологического загрязнений (табл.4.25).

В качестве критерия экологического состояния территории рекомендуется использовать площадь выведенных из землепользования угодий в результате деградации почв ([эрозия](#), дефляция, вторичные засоление, осолонцевание, заболачивание).

Целый ряд негативных процессов (механическое удаление почвенного покрова при открытой добыче полезных ископаемых, строительных работах; провоцируемые человеком водная эрозия и дефляция) приводят к разрушению почвенных горизонтов, степень которого также использована в качестве критерия деградации почв.

Критерии экологической оценки состояния почв (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
	Основные показатели:			
1	Площадь выведенных из сельскохозяйственного оборота земель вследствие их деградации, % от общей площади сельскохозяйственных земель	> 50	30 – 50	< 5
2	Уничтожение гумусового горизонта	$A + B$	$A_{\text{нзх}} (A_1)$	< 0,1A
3	Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами, см	> 20	10 – 20	отсутствие
4	Увеличение плотности почвы, кратность равновесной	> 1,4	1,3 – 1,4	< 1,1
5	Превышение уровня грунтовых вод, % от критического	> 50	25 – 50	допустимый уровень
6	Радиоактивное загрязнение, Ки/км <sup>2</sup> : цезий-137 стронций-90 плутоний (сумма изотопов)	> 40 > 3 > 0,1	15 – 40 1 – 3 > 0,1	< 1 < 0,3 отсутствие
7	Потери гумуса в пахотных почвах за период 10 лет, в относительных %%	> 25	10 – 25	< 1
8	Увеличение содержания легкорастворимых солей, г/100г	> 0,8	0,4 – 0,8	< 0,1
9	Увеличение доли обменного натрия, % от ЕКО*	> 25	10 – 25	< 5
10	Превышение ПДК химических веществ: 1-го класса опасности (включая бенз-а-пирен, диоксины) 2-го класса опасности 3-го класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	> 3 > 10 > 20	2 – 3 5 – 10 10 – 20	< 1 < 1 < 1
11	Снижение уровня активной микробной массы, кратность	> 100	50 – 100	< 5
12	Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), кратность по сравнению с фоном	> 2	1,4 – 2,0	< 1,1
	Дополнительные показатели:			
13	Доля загрязненной основной с/х продукции, % от объема проверенной	> 50	25 – 50	< 5
14-17	См. дополнительные показатели к табл. 4.14			

Примечание: \* ЕКО - емкость катионного обмена

Разрушение структуры почвы и развитие процессов уплотнения характеризуется степенью увеличения плотности почвы, которая является важным показателем деградации почвы.

Увеличение уровня грунтовых вод рекомендуется оценивать относительно критического значения, различного для каждого типа почв.

Для экотоксикологической оценки почв целесообразно использовать кратность превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) конкретного загрязняющего вещества дифференцированно для

веществ различного класса опасности. В связи с отсутствием для ряда загрязняющих веществ утверждённых значений *ПДК* (например, для кадмия) рекомендуется использовать отношение содержания загрязняющих веществ в жидкой фазе почвы (почвенном растворе) к соответствующей величине *ПДК* для природных вод.

За комплексный показатель загрязнения почвы принимают фитотоксичность – свойство загрязнённой почвы подавлять прорастание семян, рост и развитие высших растений (тестовый показатель).

Признаком биологической деградации почвы является снижение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о котором можно судить по уменьшению уровня активной микробной биомассы, а также по более распространённому, но менее точному показателю – дыханию почвы; изменение состояния организмов-биоиндикаторов загрязнения почвы (почвенных водорослей, червей и др.).

Оценка экологического состояния почв на основании критериев и параметров п.п.2-12 табл. 4.25 проводится с учётом площади проявления рассматриваемого критерия, значимость которого определяется региональными особенностями.

Кратность превышения предельно допустимых норм загрязняющих веществ в почве прежде всего следует оценивать по подвижным формам этих веществ.

Одним из показателей экологического состояния почв служит биологическая продуктивность ценозов, характеризующая потенциальное плодородие. Для почв сельскохозяйственных территорий таким показателем является средняя урожайность.

Экспертно рекомендуется принять для территории экологического бедствия снижение урожайности более чем на 75 %, для территории чрезвычайной экологической ситуации на 50-75 % при соответствии всего комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий для данной местности и культуры.

Дополнительным показателем, служащим индикатором степени загрязнения рассматриваемой территории (почвы, воздуха, поливных и грунтовых вод), является доля продукции, не соответствующая требованиям нормативно-технической документации на качество продукции (остаточное количество пестицидов, токсичных элементов, микотоксинов, нитратов, нитритов и др.).

Дополнительные показатели оценки состояния почв приведены в табл. 4.14.

Следует учитывать также вид использования земель и природнозональные особенности территории.

Данные о состоянии почв следует представлять в виде подробных тематических картографических материалов, включающих информацию по основным показателям и компонентному составу загрязняющих веществ.

**Педосфера (почвы).** К прямым критериям оценки состояния собственно почвенного покрова относятся характеристики его загрязнения различными токсикантами. Все их многообразие рассмотрено в соответствующих нормативных документах. Анализ публикаций по этому вопросу позволяет предложить укрупненные показатели оценки техногенной загрязнённости почв с количественным ранжированием значений по классам состояний (табл. 4.26).

Ресурсные критерии оценки состояния педосферы приведены выше, как основные для оценки состояния всей экосистемы.

**Индикационные критерии** оценки состояния почв основаны на их генотоксичности (влиянии на биоту) и реализуются через уровень активной микробной биомассы (снижение в число раз), биомассу почвенной мезофауны и численность почвенных микроартпод (кол-лембалы, арбатидные клещи) от нормального природного уровня. Они ранжируются по классам состояния почвы и одновременно могут быть использованы для оценки состояния экосистемы. Все они направляют ход почвенных микробиологических процессов и осуществляют так называемые "цепи питания" в почвах, что позволяет считать учёт их численности и массы интегральным показателем биогенности почвы.

Укрупненные показатели оценки техногенной загрязненности почвенного покрова с ранжированием значений по классам состояний (Управление ..., 1996)

Критерии (показатели оценки)	Размерность	Классы состояния			
		I (Н)	II (P)	III (K)	IV (Б)
1. Содержание легко растворимых солей	в весовых процентах	<0,6	0,6 – 1,0	1,0 – 3,0	>3,0
2. Содержание токсичных солей	в ПДК	<0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6	>0,6
3. Содержание пестицидов	в ПДК	<0,1	1,0 – 2,0	2,0 – 5,0	>5,0
4. Содержание поллютантов	в ПДК	<0,1	1,0 – 3,0	3,0 – 10,0	> 10,0
5. Содержание нефти и нефтепродуктов	в весовых процентах	<0,1	1,0 – 5,0	5,0 – 10,0	> 10,0

**Литосфера.** Отличительной чертой этой геосферной оболочки является её многокомпонентность, включающая в себя рельеф, приповерхностную часть литосферы (собственно геологическую среду) и развитые на территории природные и антропогенные геологические процессы. Соответственно требуется более представительный состав критериев оценки и особые подходы к их интеграции.

Прямые критерии оценки. Группа геохимических критериев. Их применение основано на сопоставлении существующего загрязнения литосферы и её компонентов (без подземных вод) с ПДК или фоном с учётом токсичности загрязнителя. В общем виде такая оценка с ранжировкой по классам состояний показана в табл. 4.27.

Предлагаемая таблица позволяет оценить состояние литосферы и её компонентов по любому загрязнителю или их сумме.

Таблица 4.27

Геохимические критерии (Управление ..., 1996)

Оценочные показатели	Классы состояния			
	I	II	III	IV
	нормы (незагрязнённого)	риска (ограниченно загрязнённого)	кризиса (сильно загрязнённого)	(катастрофически загрязнённого)
Концентрация всех определяемых элементов и соединений	Фоновые или ниже ПДК	Компоненты 2-го и 3-го классов опасности в пределах 1 – 5 ПДК; 1-го класса опасности на уровне ПДК	Компоненты 2-го и 3-го классов опасности в пределах 5 – 10 ПДК; 1-го класса опасности на уровне 1 – 5 ПДК	Компоненты 2-го и 3-го классов опасности более 10 ПДК; 1-го класса опасности превышает ПДК более чем в 5 раз

**Почвенные критерии** (Управление ..., 1996). Здесь они рассматриваются в статусе оценочных критериев экосистемы, так как ухудшение свойств почв является одним из наиболее сильных факторов формирования зон экологического риска, кризиса или бедствия. Прежде всего это снижение плодородия почв на большой площади и с высокой скоростью. Почвенно-эрозионные критерии связаны со вторично антропогенными геоморфологическими процессами, ускоренными неблагоприятной хозяйственной

деятельностью человека. Эти процессы распространены и в естественных условиях, но нарушение человеком устойчивости растительного и почвенного покрова (вырубкой лесов, распашкой почв, перевыпасом пастбищ и т.п.) вызывают их значительное ускорение и расширение их площади, что приводит к формированию зон экологического риска, кризиса и бедствия. Одним из интегральных показателей загрязнения почвы является ее фитотоксичность (свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений) и гентотоксичность (способность влиять на структурно-функциональное состояние почвенной биоты). Пример выделения зон экологического состояния по основным почвенным критериям приводится в табл. 4.28.

**Пространственные критерии.** Помимо оценки степени нарушенности экосистемы большое значение имеет оценка площади ее поражённости. Если площадь изменения невелика, то при равной глубине воздействия малая по площади нарушенная система быстрее восстановится, чем обширная. Если площадь нарушения более предельно допустимых размеров, то разрушение среды практически необратимо и относится к уровню катастрофы.

Таблица 4.28

Почвенные критерии нарушения экосистем (Управление ..., 1996)

ПОКАЗАТЕЛИ	Нормы (Н)	Риска (Р)	Кризиса (К)	Бедствия (Б)
Плодородие почв (в % от потенциального)	>85	65 – 5	65 – 25	<25
Содержание гумуса (в % первоначального)	>90	70 – 90	30 – 70	<30
Площадь вторично засоленных почв (в %)	<5	5 – 20	20 – 50	>50
Глубина смывости почвенных горизонтов		Смывает горизонт А1 или 0,5 горизонта А	Смывает горизонт А и частично АВ	Смывает горизонт А и В
Площадь ветровой эрозии (полностью сдутые почвы в %)	<5	10 – 20	20 – 40	>40

Например, выгорание лесов на площади в десятки и сотни га практически обратимо, и леса восстанавливаются – это не катастрофа. Однако, если площадь выгорания лесов или какой-либо формы техногенного разрушения растительного покрова достигает площади десятков и сотен тысяч га, изменения практически необратимы, и происшествие квалифицируется как катастрофа. Таким образом, размер катастрофического экологического нарушения достаточно велик и превышает, по В.В. Виноградову, площадь 10 000 – 100 000 га в зависимости от типа растительности и геолого-географических условий.

Чем серьезнее нарушение, тем больше репрезентативная площадь его влияния. Пространственным критерием зон экологического нарушения служит относительная площадь земель (в %), выведенных из землепользования в пределах исследуемой экосистемы. Даже в норме, т. е. в стабильном растительном покрове, относительная площадь нарушенных земель может достигать 5 %, а в зонах экологического бедствия превышает 50 %. При одной и той же стадии нарушения, выявленной по тематическим критериям, увеличение относительной площади нарушения квалифицирует более высокий уровень опасности.

Это может быть выражено в виде матрицы для административного района площадью 100–200 тыс.га. Пример такой матрицы приводится в таблице 4.29.

Из неё следует, что если сильное нарушение занимает площадь менее 5% территории, изменение квалифицируется в пределах нормы; но умеренное нарушение на относительной площади более 50 % экспертируемой территории уже служит основанием для объявления территории зоной экологического риска.

Для квалификации зон экологического риска, кризиса и бедствия необходимо учитывать пространственную неоднородность нарушенных зон и наличие в ней комбинаций относительной площади разной степени нарушенности.



Например, **зона риска** может составлять комбинацию, где менее 30 % площади занимают слабо измененные, более 40 % площади – средне измененные и менее 40 % площади – сильно измененные экосистемы, **зона кризиса** – менее 30 % площади – слабо и средне измененные, более 40 % площади – сильно и очень сильно измененные,

Таблица 4.29

Пространственные критерии нарушения (Управление ..., 1996)

ПОКАЗАТЕЛИ	Нормы (Н)	Риска (Р)	Кризиса (К)	Бедствия (Б)
Увеличение площади нарушенных экосистем (%)	< 1,0	1,5 – 3,5	2 – 4	>4
Увеличение растительной годичной продукции (%)	< 1,0	70 – 90	30 – 70	<30
Увеличение площади сбитых пастбищ (в %)	<2	5 – 20	20 – 50	>50
Увеличение площади эродированных земель (в %)	< 0,5	Смьт горизонт А1 или 0,5 горизонт А	Смьт горизонт А и частично АВ	Смьт горизонт А и В
Увеличение площади засоленных почв (в %)	< 1,0	10 – 20	20 – 40	>40
Увеличение площади подвижных песков (в %)	< 0,5	10 – 20	20 – 40	>40

менее 30 % площади – очень сильно измененные экосистемы, **зона бедствия** – более 40 % площади – сильно измененные, менее 20 % площади – слабо и средне измененные, более 30 % площади – очень сильно измененные экосистемы, что иллюстрируется таблицей 4.30.

Таблица 4.30

Квалификация зон экологического риска, кризиса и бедствия (Управление ..., 1996)

Нарушение	Н	Р	К	Б
умеренное	<70	<30	<30	<20
среднее	<10	>40	>40	>30
сильное	<5	<40	<30	>40

**Динамические критерии.** Перечисленные выше статистические критерии выявления зон экологического нарушения при всей их очевидности недостаточны для их объективной оценки, поскольку они не отражают истинной картины бедствия. Следует иметь в виду, что имеются природные стабильные зоны кризисных и бедственных признаков, которые не являются не только антропогенными, но и динамическими. Так, известные биогеохимические провинции (например, на Южном Урале или на Алтае) могут быть отнесены по статистическим биогеохимическим показателям к зонам экологического кризиса. Вместе с тем по динамическим критериям они таковыми не являются, так как повышенные концентрации металлов в почвах и растениях были там и до антропогена. Точно также не являются зонами экологического бедствия изначально незакрепленные пески (например, Арчадинские, которые таковыми являлись с плейстоцена) и другие устойчивые природные эрозионные комплексы. Поэтому наиболее достоверны динамические критерии выявления зон экологического нарушения по скорости нарастания неблагоприятных изменений природной среды (скорости накопления тяжёлых металлов, скорости прироста площади подвижных песков и т. п.).

По этому показателю В.В. Виноградов выделяет четыре класса динамизма растительного покрова. **Стабильные** территории со скоростью изменений менее 0,5% площади в год подвержены лишь разногодичной и циклической флюктуации. **Умеренно динамичные** территории со скоростью изменений до 1–2 % площади в год, полная смена которых происходит за 50–100 лет и которые формируют слабо выраженные тренды, соответствуют зонам экологического риска. Средне динамичные территории со скоростью изменений до 2–3% площади в год, полная смена которых происходит в течение 30–50 лет с

выраженной формой тренда, соответствуют зонам экологического кризиса. **Сильно динамичные** территории со скоростью изменений свыше 4% площади в год, полная смена которых происходит менее чем за 25 лет, соответствуют зонам экологического бедствия.

Примеры динамических показателей зон экологического риска (*Р*), кризиса (*К*) и бедствия (*Б*) представлены в таблице 4.31.

Таблица 4.31

Динамические критерии нарушения экосистем по повышению скорости изменения мощности индикационного показателя в год (среднее за 5-8 лет непрерывных наблюдений) (Управление ..., 1996)

ПОКАЗАТЕЛИ	Нормы (Н)	Риска (Р)	Кризиса (К)	Бедствия (Б)
1	2	3	4	5
Увеличение площади нарушенных экосистем (%)	<1,0	1-2	2-4	>4
Уменьшение годичной растительной продукции (%)	<1	1,5-3,5	3,5-7,5	>7,5
Увеличение площади сбитых пастбищ (%)	<2	3-5	5-8	>8
Увеличение площади эродированных земель (%)	<0,5	1-2	2-5	>5
Увеличение площади засоленных почв (%)	<1	1-2	2-5	>5
Увеличение площади подвижных песков (%)	<0,5	1-2	2-4	>4

Для выявления скорости смен и исключения разногодичных колебаний при выделении зон экологического бедствия необходима представительная продолжительность наблюдений. Считается, что минимальный срок для определения линейной скорости изменений составляет 8-10 лет, а для выявления нелинейной скорости – 20-30 лет.

#### 4.8.6. Опасность изменения геологической среды

Интенсивность и масштаб проявления современного напряжённо-деформированного состояния верхних частей литосферы оцениваются по геодиническим показателям деформации геологической среды (Критерии..., 1992). Эти показатели определяются параметрами критических скоростей деформации и масштабом ожидаемого сейсмического эффекта. Если исходить из значения порога разрушения любых твёрдых тел порядка 0,0001 отн. ед., то в качестве предельного (критического) уровня геодинического воздействия для всех типов объектов можно использовать величину деформации в 0,00001 отн. ед., которая применяется при оценке аномальных техногенных деформаций. Критические напряжения, при достижении которых происходят сильные техногенные индуцированные землетрясения, соответствуют относительным деформациям 0,0001 – 0,00001. Исходя из установленных фактов пространственно-временного изменения современных деформационных процессов в зонах разломов, предельный (критический) уровень деформации в 0,00001 может быть достигнут в локальных зонах в течение 10 – 40 лет. Эти период соизмерим с минимальными сроками эксплуатации особо ответственных объектов и сооружений (АЭС, ГЭС, нефте-, газо- и продуктопроводы и пр.) Нарушение их функционирования может привести к критическим экологическим последствиям. Уровень деформации в 0,0001 отн. ед. приводит к таким нарушениям геологической среды, которые можно отнести к зонам экологического бедствия (табл. 4.32).

Техногенные факторы могут усиливать проявление естественных экзогенных геологических процессов (оползней, селей, карстов, оседание поверхности и др.), что может вызвать их катастрофическую активизацию и привести к необратимому изменению природных ландшафтов.

Таблица 4.32

Критерии оценки экологической опасности деформаций и изменения геологической среды (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие ст. 59	Чрезвычайная экологическая ситуация ст. 58	Относительно удовлетворительные
1	Индукцированная сейсмичность, (при техногенной деформации горного массива более 0,00001 отн. ед.), % территории	> 40 – 50	20 – 40	2 – 3
2	Локальные аномальные деформации горных пород в районах функционирования экологически опасных объектов, отн. ед.	0,0001	0,00001	< 0,000001
3	Просадки земной поверхности, оползни, карсты, обусловленные техногенной нагрузкой, % территории	> 30	20 – 30	< 5

**Геодинамическая группа критериев** (Управление ..., 1996) используется преимущественно для оценки состояния рельефа и развития природных и техногенно активизированных геологических процессов. Для рельефа и подземного пространства можно предложить два показателя: площадь и глубину техногенной переработки (нарушенности, освоенности, застроенности) пример использования этих показателей приведен в таблице 4.33.

Таблица 4.33

Геодинамические критерии (Управление ..., 1996)

Оценочные показатели	Размерность	Классы экологического состояния территорий			
		благоприятного	ограниченно благоприятного	неблагоприятного	катастрофического
Показатели изменённости рельефа (договорные)					Более 50
1. Площадь техногенного рельефа к площади участка	% %	до 10%	10–25	25–50	
2. Техногенный размах рельефа		до 10 м	10–20	20–50	
3. Площади подработанных территорий		>10	10–20	>20	

Рекомендованные градации критерия оценки достаточно условны (научного обоснования для них не существует) и ориентированы, главным образом, для предварительной оценки изменённости рельефа на стадии предпроектных проработок. На стадии проекта критерий оценки может быть трансформирован по количественному значению выделяемых градаций в соответствии с конкретными условиями территории и характером планируемого техногенного воздействия.

#### 4.8.7. Опасность деградации наземных экосистем

Оценка степени деградации экосистемы проводится по критериям, которые определяют негативные изменения в структуре и функционировании экосистем и учитывают их пространственную дифференциацию по степени нарушенности, а также динамику процессов деградации см. табл. 4.34 (Критерии..., 1992).

Структурно-функциональные изменения в состоянии природных экосистем, несмотря на их различную степень устойчивости, характеризуются однотипными показателями. В зоне чрезвычайной экологической ситуации состояние экосистем характеризуется изменением в соотношении основных трофических групп при снижении (или увеличении) удельной массы одной из групп в пределах 20-50%, при этом происходит нарушение взаимосвязей внутри экосистемы, но процессы деградации еще не принимают необратимый характер. В зонах экологического бедствия состояние экосистем характеризуется снижением (или увеличением) удельной массы одного из трофических звеньев более чем на 50%. Нарушения взаимосвязей внутри экосистемы носят необратимый характер, экосистема теряет средо- и ресурсовоспроизводящие функции.

При оценке экологического состояния территории необходимо учитывать площадь проявления негативных изменений (т.к. при равной степени деградации участка территории возможность восстановления обратно пропорциональна его площади); пространственную неоднородность распределения участков разной степени деградации на исследуемой территории; изменение показателей в разных природно-климатических зонах.

Скорость деградации экосистем рассчитывается по 5 – 10 -летним рядам наблюдений. Особенно важно оценивать направленность и скорость деградации экосистем при напряжённой экологической ситуации для прогноза ухудшения экологической обстановки и проведения мероприятий по ее стабилизации и улучшению.

## Критерии оценки деградации наземных экосистем (Критерии..., 1992)

№ п/п	Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительные
	Основные показатели			
1	Пространственные признаки:			
	1.1. Площади деградированных территорий, %			
	1.1.1 Не представляющие непосредственной угрозы человеку (отвалы нетоксичных пород, карьеры, деградированные с/х угодья)	> 75	50 – 70	< 5
	1.1.2 Представляющие угрозу разрушения зданий и сооружений (антропогенные просадки, оползни, разломы, военные полигоны и др.)	> 50	20 – 50	< 1
	1.1.3 Отвалы токсичных пород, изолированные от грунтовых вод, с возможностью переноса частиц по воздуху, посредством стока в поверхностные водоемы и водотоки	> 20	5 – 20	< 0,1
	1.1.4 Карьерные вьёмки и отвалы токсичных пород с угрозой загрязнения грунтовых вод (грунтовые воды не защищены)	> 5	3 – 5	отсутствуют
1.2	Расчленённость территории оврагами, км/км <sup>2</sup>	2,5	0,7 – 2,5	отсутствует
2	Динамические признаки			
2.1	Скорость деградации наземных экосистем, % площади в год	> 4	2 – 4	< 0,5
2.2	Скорость увеличения площади сбитых пастбищ, % площади в год	> 8	5 – 8	< 2
2.3	Скорость уменьшения годовой продукции растительности, % в год	> 7,5	3,5 – 1,5	< 1
2.4	Скорость уменьшения содержания органического вещества в почве, % в год	> 7	3 – 7	< 0,5
2.5	Скорость сработки (минерализации) торфа, мм/год	> 40	10 – 40	< 1
2.6	Скорость увеличения площади засоленных почв, % в год	> 5	2 – 5	< 1
2.7	Скорость увеличения площади эродированных почв, % площади в год	> 5	2 – 5	< 0,5
2.8	Скорость увеличения площади подвижных песков, % площади в год	> 4	2 – 4	< 0,5
2.9	Скорость увеличения относительной площади земель с неблагоприятными агрометеорологическими условиями, % от площади ценных сельскохозяйственных угодий в год	> 1	0,3 – 1,0	< 0,1
	Дополнительные показатели			
1	Соотношение площадей раз-			

**Ботанические критерии** (Управление ..., 1996) имеют наибольшее значение, поскольку они не только чувствительны к нарушениям окружающей среды, но и наиболее физиономичны и наилучшим образом прослеживают зоны экологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени. Ботанические показатели весьма специфичны, т.к. разные виды растений и разные растительные ассоциации в разных географических условиях имеют неодинаковую чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям, и следовательно, одни и те же показатели для квалификации зон экологического состояния могут существенно варьировать для разных ландшафтов. При этом учитываются признаки негативных изменений на разных уровнях: организменном (фитопатологические изменения), популяционном (ухудшение видового состава и фитоценометрических признаков) и экосистемном (соотношение площади в ландшафте). Пример ранжирования состояния экосистем по ботаническим критериям дается в таблице 4.35 (осреднённые основные показатели, районированные для определённых зональных условий).

Таблица 4.35

Ботанические нарушения экосистем (Управление ..., 1996)

ПОКАЗАТЕЛИ	Нормы (Н)	Риска (Р)	Кризиса (К)	Бедствия (Б)
Ухудшение видового состава естественной растительности и характерных видов	Естественная смена доминантой, субдоминантов, в особенности полезных видов	Уменьшение обилия господствующих, в особенности полезных видов	Смена господствующих видов на вторичные, в основном непоемые сорные и ядовитые	Уменьшение обилия вторичных видов, полезных растений практически нет
Повреждение растительности (дымном заводам)	Отсутствие	Повреждение наиболее чувствительных (хвойных деревьев, лишайников) видов	Повреждение среднечувствительных видов	Повреждение слабо чувствительных (травы, кустарников) видов
Относительная площадь коренных (квазикоренных) ассоциаций (в %)	>60	40 – 60	20 – 30	<10
Биоразнообразие (уменьшение индекса разнообразия Симпсона в %)	<10	10 – 20	25 – 50	>50
Лесистость (в % от зональной)	>80	60 – 70	50 – 30	<10
Гибель посевов (% площади)	<5	5 – 15	15 – 30	>30
Проективное покрытие пастбищной степной и полупустынной растительности (в % нормального)	>80	60 – 70	20 – 50	<10
Продуктивность пастбищной растительности (в % потенциального)	>80	60 – 70	10 – 20	<5

## Вопросы к теме 12:

### 4.5. Оценка опасности загрязнения водных объектов

1. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по максимально-разовым концентрациям?
2. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по среднесуточным концентрациям?
3. Как оценивается опасность загрязнения воздушной среды по среднегодовым концентрациям?
4. В каких случаях применяют оценку опасности загрязнения воздушной среды по максимально-разовым, средне-суточным и среднегодовым концентрациям?
5. Какие классы качества воды установлены по значениям ИЗВ и индекса сапробности и микробиологическим показателям?
6. Какие показатели качества воды установлены "Критериями...", 1992) и какие показатели соответствуют норме и какие зонам экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации?
7. Охарактеризуйте критерии экологического состояния почв селитебных территорий.
8. Какими показателями характеризуется радиоактивное загрязнение территорий?
9. Каковы допустимые уровни техногенного радиационного загрязнения территорий и какими документами они установлены?

### Термины и определения к 4-й главе

**Бентос** – совокупность организмов, обитающих на дне водоёмов.

**Благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Вода питьевая** – вода, для которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах питьевого водоснабжения.

**Водопользование** – порядок, условия и формы использования водных ресурсов: 1– использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства; 2 – использование воды в хозяйственных или бытовых целях без отвода её из водотока, путем "пропускания через себя" (например, гидроэлектростанцией или водяной мельницей); возможно водопользование без изменения качества воды (очень редко) и с изменением её качества (в том числе видового состава животного и растительного мира) (Экологический словарь, 1993).

**Доза (Dose)** – количество вещества, полученного субъектом – человеком или животным.

**Доза** – основная мера экспозиции, характеризующая количество химического вещества, воздействующее на организм (Руководство..., 2004).

**Естественный радиационный фон** – доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределённых в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека (О радиационной безопасности..., 1996).

**Загрязнение окружающей среды** – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду (7-ФЗ, 2002).

**Загрязнение радиоактивное** – форма физического загрязнения; связанного с превышением естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ.

**Загрязнение радиоактивное** – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные НРБ-99 .

**Концентрация предельно допустимая (ПДК)** – норматив – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определённый промежуток времени

практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями (комиссиями и гл.).

**Коэффициент опасности (HQ)** – отношение воздействующей дозы (или концентрации) химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия (Руководство..., 2004).

**Облучение** – воздействие на человека ионизирующего излучения (НРБ-99).

**Облучение техногенное** – облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов (НРБ-99).

**Окружающая среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов. Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов (7-ФЗ, 2002).

**Опасность** – присущее свойство или способность чего-либо (например, рабочих материалов, оборудования, методов и приёмов работы) с потенциалом причинения вреда (ЕС, 1996).

**Опасность** (hazard) – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: опасное вещество, опасный агент, опасный источник энергии или опасная ситуация, обладающие этим свойством

**Опасность** – совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определённых условиях воздействия (Руководство..., 2004).

**Органолептический** (Organoleptic) – фактор, влияющий на один из органов чувств, например, осязания, обоняния или зрения.

**Региональный уровень** – уровень загрязнения окружающей среды и изменений здоровья, характерный для определённого (5-10 лет) периода сравнения на территории области, края, республики (т. е. региона) с имеющимися общими для многих населённых пунктов природно-климатическими, а возможно, и социально-экономическими условиями.

**Среда** – вещество и (или) пространство, окружающее рассматриваемый объект; – природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях; – совокупность физических (природных), природно-антропогенных (культурных ландшафтов и населённых мест) и социальных факторов жизни человека; – совокупность явлений, процессов и условий, оказывающих влияние на изучаемый объект. Отличается свойствами самоподдержания и саморегуляции без корректирующего воздействия человека.

**Техногенно изменённый радиационный фон** – естественный радиационный фон, изменённый в результате деятельности человека (О радиационной безопасности..., 1996).

**Техногенные факторы** – элементы техногенных форм воздействия человека на природные компоненты, обуславливающие возникновение и развитие явлений техногенеза.

**Тяжёлые металлы** – группа элементов, активно участвующих в биологических процессах, входя в состав многих ферментов. Наибольшую опасность представляют такие элементы, как: свинец, цинк, кадмий, молибден, марганец, никель, олово, кобальт, титан, медь, ванадий. Источники тяжёлых металлов делятся на природные, к которым относятся выветривание горных пород и минералов, вулканическая деятельность, и техногенные – добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, выбросы транспорта, отходы переработки и сельскохозяйственной продукции.

**Фактор антропогенный** – фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности человека.

**Фоновый уровень** – “исходный” уровень состояния окружающей среды и здоровья населения, характерный для данной территории (населённого пункта), наблюдаемый в течение последних 5-10 лет до периода, связанного с началом проведения оценки ситуации или с учетом регистрации какого-либо события, ответственного за воздействие на людей экологически вредных факторов (например, ввод в эксплуатацию промышленно-хозяйственного объекта, который по технологическим параметрам может быть



потенциальным или реальным источником техногенного воздействия на среду обитания и здоровье населения).

**Экологический кризис** – критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека; – нарушение равновесия между обществом и природой, проявляющееся в деградации окружающей среды, с одной стороны, и неспособности государственных управленческих структур, правоохранительных органов восстановить это равновесие, с другой стороны.

**Эффективная доза** – величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учётом их радиочувствительности (О радиационной безопасности..., 1996).

**Эрозия почв** – процесс разрушения различных почвенных горизонтов, начиная с верхних и вплоть до материнских пород. Вызывается дождевыми и талыми водами, ветром.

## Литература

*Основная:*

[Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: 1992. – 68с.](#)

*Дополнительная:*

*Цыбань А.В., Лычева Т.А., Мирская Е.Е.* Изучение загрязнения морской среды путём определения мутагенной активности донных отложений / Экспериментальная онкология, 1987. Т.9. №5. – С.27–30.

*Базилевич Н.И.* Некоторые критерии оценки структуры и функционирования природных зональных геосистем // Почвоведение. – 1983. № 2. – С.27–40.

*Баевский Р.М.* Прогнозирование состояния на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979.

Биологическая продуктивность травяных экосистем. – Новосибирск: Наука, 1988. – 133 с.

*Букс И.И.* Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Учебное пособие. Книга 1 / И.И. Букс, С.А. Фомин – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 128 с.

*Василевич В.И.* Очерки теоретической фитоценологии. – Л.: Наука, 1983. – 246 с.

*Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг нагрузок кислотных выпадений / Метеорология и гидрология, 1992. № 9. – С. 44–48.

*Викторов С.В., Чекишев А.Г.* Ландшафтная индикация антропогенных изменений природных комплексов // Прикладные ландшафтные исследования. – М.: МГПИ им. Ленина, 1985. – С. 25–31.

*Виноградов Б.В.* Растительные индикаторы. – М.: Высшая школа, 1964. – 324 с.

Временные указания по определению вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов и установления ПДВ. – М., Гидрометиздат, 1981.

*Жирмунский А.В., Кузьмин В.И.* Критические уровни в развитии природных систем. – М.: Наука, 1990. – 222 с.

*Журавлёв Ю.И.* Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации // Проблемы кибернетики. – М.: Наука, 1978. Вып. 33. С. 5–68.

*Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.

*Гольберг В.М.* Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

*Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 338 с.

*Горшкова А.А., Гринева Н.Ф.* Изменение экологии и структуры степных сообществ под влиянием пастбищного режима // Экология и пастбищная дегрессия степных сообществ Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 153-178.

- Динамика ценопопуляций растений / Под. ред. Т. И. Серебряковой. – М.: Наука, 1985. – 204 с.
- Долгушин И.Ю.* Основные тактические пути определения допустимой антропогенной нагрузки на ландшафты // Нормирование антропогенных нагрузок. – М.: ИГ АН СССР, 1988. – С. 26–28.
- Заугольнова Л.Б.* и др. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 182 с.
- Звягинцев Д.Г.* и др. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью / Почвоведение, 1989. № 1. – С. 72–78.
- Исаков Ю.И., Казанская Н.С., Тишков А.А.* Зональные закономерности динамики экосистем. – М.: Наука, 1986. – 150 с.
- Ковальский В.В.* Геохимическая среда и жизнь. – М.: Наука, 1982. – 76 с.
- Корчагин А.А.* Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника. – Л.: Наука, 1976. Т.5. – 316 с.
- Кузнецов А.В.* Методические указания по определению металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: 1992. – 61 с.
- Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: Изд. Стандартов, 1990. – 183 с.
- Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М., Гидрометеиздат, 1981. – 110 с.
- Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. – М., Гидрометеиздат, 1988. – 287 с.
- Методические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, М.: 1988.
- Модели в экологии и медицине. Физиологические системы человека в экстремальных условиях / Под ред. Ю.М. Свирижева и В.В. Шакина. – М.: ВЦ АН СССР, 1989. – 155 с.
- Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-матем. литературы, 1981. – 488 с.
- Охрана ландшафтов. Толковый словарь. – М.: Прогресс, 1982. – 272 с.
- Оценка состояния и устойчивости экосистем. – М.: Изд-во ВНИИ природа, 1992. – 128 с.
- Понятовская В.М.* Учёт обилия и особенности размещения видов в сообществах // Полевая геоботаника. – М.–Л.: Наука, 1964. Т.3. – С. 209–299.
- Принципы и методы определения норм нагрузок на ландшафты. – М.: ИГ АН СССР, 1987. – 32 с.
- Руководство по методам биологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. – Л., Гидрометеиздат, 1983.
- Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ (ВОЗ ООН). – Женева, 1989. – 176 с.
- Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 264 с.
- Журавлев Ю.И.* Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации // Проблемы кибернетики. – М.: Наука, 1978. Вып. 33. – С. 5 – 68.
- Светлосанов В.А.* Устойчивость и стабильность природных экосистем // Итоги науки и техники: Серия "Теоретические и общие вопросы географии". – Т.8. 1990.
- Свирижев Ю.М.* Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987. – 368 с.
- Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О.* Современное движение земной коры осадочных бассейнов. – М.: Наука, 1989.

Снакин В.В. и др. Оценка состояния устойчивости экосистем. – М.: ВНИИ природа, 1992. – 127 с.

Справочник: Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Т. 1,2. – М.: ВО "Колос", 1992. (1т. 566 с.; 2т. 414 с.).

Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжёлые металлы и радионуклиды в биогеоценозах: Учебное пособие – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.

Управление природоохранной деятельностью в Российской Федерации: Учебное пособие // Под редакцией проф. Ю.Б. Осипова, доц. Е.М. Львовой. – Москва: Литературное агентство "Варяг", 1996. – 268 с.

Шакин В.В. Математическое моделирование физиологии экстремальных состояний. // Проблемы прикладной математики и информатики. – Ч. II. Информатика. – М.: ВЦ РАН, 1992. –С. 111-126.

Экосистемы в критических состояниях / Под. ред. Ю.Г. Пузаченко. – М.: Наука, 1989. – 214 с.

## **Нормативно-правовые документы**

ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.

ГОСТ 2784-82 Питьевая вода. Гигиенические требования.

ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

ГОСТ 17.4.1.03-84 Охрана природы. Почвы. Термины и определения химического загрязнения.

ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.

ГОСТ 17.4.2.03-86 Охрана природы. Почвы. Паспорт почв.

ГОСТ 17.4.3.01-83 Почвы. Отбор проб для контроля загрязнения.

ГОСТ 17.4.3.06-86 Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.

ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

ГОСТ 17.4.4.02-84 Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа.

ГОСТ 26425-85 Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке.

ГОСТ 26426-85 Почвы. Метод определения сульфата в водной вытяжке.

ГОСТ 26486-85 Почвы. Определение обменного марганца методами ЦИНАО.

ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО.

ГОСТ 26488-85 Определение нитратов по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26950-86 Почвы. Метод определения подвижного натрия.

ГОСТ 951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

ГОСТ 27395-86 Почвы. Метод определения подвижных соединений двух и трехвалентного железа по Веричиной-Аринушкиной.

ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения.

ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб.

ГОСТ 26927-86, 26928-86, 26929-86, 26930-86, 26935-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов.

ГОСТ 17.2.3.01-86. Правила контроля качества воздуха населенных мест.

Межрегиональные нормативы для оценки длины и массы тела детей от 0 до 14 лет.– Методические указания № 12-22/5-171, утв. МЗ СССР 3.04.90. – М.:1990.

Метод учёта хромосомных aberrаций как биологический индикатор влияния факторов внешней среды на человека. – Методические рекомендации № 15-69-74. Утв. МЗ СССР 23.07.74.

Методика выборочного комплексного изучения состояния здоровья населения СССР. – М.: 1988 (Приложение № 1 к приказу Министра здравоохранения СССР № 1779 от 24.10.88).

Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. (Утв. Госкомгидрометом СССР 21.07.88).

Методические рекомендации по контролю и оценке вирусного загрязнения объектов окружающей среды. – М.: Минздрав СССР,1986.

Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. (Утв. зам. Гл. гос. санитарного врача СССР 13.03.87 № 4266–87). – М.: Минздрав СССР, 1989. – 25 с.

Методические указания по экспериментальной оценке суммарной мутагенной активности загрязнений воздуха и воды. – М.: 1990.

Методические указания по эпидемической оценке санитарно-гигиенических условий в целях профилактики кишечных инфекций.- № 28-6/20 (Утв. МЗ СССР 07.86). – М.: 1986.

Методические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: 1988. 287 с.

Методическое руководство по биотестированию воды. РД 118-0290. – М.: 1991. – С. 48.

Методические основы комплексного экологического мониторинга океана /Под. ред. А. В. Цыбань. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – 287 с.

Нормы радиационной безопасности: НРБ-99. – М.: 1999.

О радиационной безопасности населения. Федеральный закон № 3-ФЗ от 9 января 1996 г.

Порядок деятельности санитарно-эпидемиологической службы по оценке состояния здоровья населения в связи с воздействием факторов окружающей среды. – Утв. МЗ СССР 16.05.89. –М.: 1989.

РД 52.04–186–89 "Руководство по контролю загрязнения атмосферы". – М.: 1991.

Руководство по методам биологического анализа поверхностных вод и донных отложений /Под. ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.

Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Методические рекомендации МЗ РСФСР (Утв. 21.11.1988 г.). – М.: 1989.

СанПиН 2.1.5.980-06. Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.– Москва: Минздрав России, 2000. – 23 с.

СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – Москва: Минздрав России, 2000. –31.с.

СанПиН 2.1.4.027-95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.

СанПиН 2.1.4.544-96. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.

СанПиН 4631-88. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения.

СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве.

СанПиН 42-123-4540-87 Максимально допустимые уровни содержания пестицидов в пищевых продуктах и методы их определения. (С дополнениями к нему.).

СанПиН 42-123-4089-85 Предельно допустимые концентрации металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах.

СанПиН 42-123-4619-88 Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения и методы их определения.

Статистическая оценка особенностей распространения и динамики заболеваний злокачественными новообразованиями.– Методические рекомендации. МЗ СССР. 1990.

## Тема 13.

### 5.1.1. Основные сведения о методиках оценки риска U.S. EPA

Большинство методик анализа химического риска, которые используются в США, разработаны американским агентством по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency of USA – U.S. EPA) <http://www.epa.gov.us>

Кроме того, широко используются методики, разработанные Комитетом по профессиональному здоровью и безопасности (Occupational Safety and Health Administration – OSHA), Национальным институтом профессиональной безопасности и здоровья (National Institute Occupational Safety and Health – NIOSH), Комитетом по продовольствию и лекарствам (Food and Drug Administration – FDA), Координационным комитетом по программам окружающей среды и связанным программам (DHHS Committee to Coordinate Environmental and Related Programs). EPA разрабатывает и применяет методы анализа риска с целью решения проблем загрязнения и защиты от загрязнений окружающей среды, и другие упомянутые организации с целью изучения проблем загрязнения в производственной деятельности и загрязнения продуктов, соответственно своим названиям.

В настоящее время в США используется свыше 110 тысяч химических веществ. Данные обо всех этих веществах содержатся в Регистре токсических эффектов химических веществ – Registry of Toxic Effects of Commercial Substance (RTECS), представляющем собой базу данных Национального института профессиональной безопасности и здоровья – NIOSH. Поскольку число химических веществ, присутствующих в окружающей среде огромно, токсикологические эффекты являются комплексными и имеются большие различия, зависящие от комбинации химических веществ и внешних условий экспозиции. [Анализ риска](#) помогает определить какие токсиканты и при каких условиях являются опасными. Он также может помочь оценить относительный риск от различных химикатов (ранжированный риск).

Анализ риска представляет собой совокупность методов, которые позволяют оценить вероятность неблагоприятных событий, обусловленных отдельными устройствами, промышленными процессами, технологиями или естественными явлениями. Анализ риска обусловленного токсической субстанцией часто не заключается в определении вероятности болезни или смерти (за исключением рака), но в установлении того является ли данная [экспозиция](#) определённого токсического вещества выше или ниже предположительно безопасного уровня. Анализ риска не относится к точным наукам, и, следовательно, не может быть использован для точного вычисления действительного или абсолютного риска. Термин [оценка риска](#) часто используется вместо термина **анализ риска**. Однако, в данной главе термин **оценка риска** применяется к реальным приложениям и означает анализ риска для частных ситуаций.

Техногенное загрязнение может быть определено как присутствие токсических веществ в воздухе, воде или почве, часто являющееся результатом недостатков в производственном процессе. Присутствие этих веществ может представлять риск ([опасность](#)) для человеческого здоровья или экосистем. Этот риск может быть определён или оценён путём использования методов анализа риска. Следовательно, анализ риска позволяет предварительно оценить величину риска, обусловленного загрязнением, который оно может представлять для здоровья человека или экологической системы.

Загрязнения можно также рассматривать как ресурсы, распределённые на загрязнённой территории. Следовательно, предотвращение загрязнения можно рассматривать как сохранение ресурса

источника загрязнения. Анализ экономического риска позволяет определять экономические потери, обусловленные загрязнением, что можно использовать для разработки основных принципов предотвращения загрязнения от данного источника. **Коммуникация риска** означает, что данные, полученные при анализе токсикологического риска и при анализе экономического риска, могут быть использованы для выработки наиболее оптимального решения предотвращения загрязнения исследуемым источником. Эта глава демонстрирует некоторые примеры применения анализа риска в связи с промышленным загрязнением.

### 5.1.2. Современный риск, связанный с загрязнением

Следующие **факторы** являются примерами изменений в современном индустриальном обществе, которые должны быть учтены при анализе риска и управлении риском, связанным с промышленными загрязнениями:

- сдвиг в природе риска от инфекционных болезней к дегенеративным болезням;
- появление и увеличение новых рисков таких, как от аварий ядерных реакторов, радиоактивных загрязнений, пестицидов и других химических субстанций, загрязнений нефтепродуктами, **аварий** на химических заводах, исчезновения озонового слоя, кислотных дождей и глобального потепления;
- увеличение способности учёных и приборов измерять загрязнения;
- увеличение числа формальных процедур анализа риска, способных оценивать риск "а priori";
- увеличение роли правительств в обложении налогами за загрязнение и управлении риском;
- увеличение участия отдельных заинтересованных групп в управлении социальным риском (промышленники, рабочие, защитники окружающей среды, экологи, научные организации);
- увеличение уровня требований гражданского населения по обеспечению его безопасности.

Табл. 5.1 даёт схематическое представление о технологических процессах, которые могут приводить к загрязнению окружающей среды, что в свою очередь приводит к риску для человеческого и экологического здоровья.

Таблица 5.1.

Производственная деятельность, приводящая к загрязнению окружающей природной среды

Производственная деятельность	Воздействие на окружающую среду	Риск
Добыча полезных ископаемых	Загрязнение воздуха	Риск для здоровья населения  Экологический риск
тяжёлое машиностроение	загрязнение вод	
химическая промышленность	загрязнение почв/земель	
другие отрасли	твёрдые отходы	
производство энергии	радиоактивные отходы	
транспорт	кислотные дожди	
утилизация отходов	разрушение озонового слоя	
очистка сточных вод	глобальное потепление	

Анализ риска помогает управлять технологиями наиболее рациональным путём, для того чтобы стабилизировать желаемые социальные условия и ограничить те факторы, которые отрицательно влияют на благополучие человечества и экосистем.

Поскольку большинство из рисков человеческого здоровья и экологического благополучия ассоциируются с промышленными загрязнениями (загрязнение воздуха, воды и почв), анализ риска может играть роль в предотвращении промышленного загрязнения путём установления величины риска, связанного с каждым конкретным случаем загрязнения и помочь найти наилучшие решения, которые обеспечат наиболее значимое уменьшение риска.

### 5.1.3. Виды анализа риска

Для не канцерогенных химических веществ [риск](#) появляется только в том случае, если экспозиция превышает порог. Анализ риска используется как для установления критериев или стандартов для химических веществ в окружающей среде, так и для оценки риска в частных случаях чувствительности к химическим веществам (таких как загрязнители вод, почв или воздуха вблизи от источников выброса или в перенаселённых местах).

Формально анализ риска может быть представлен структурой, показанной на рис 5.1.

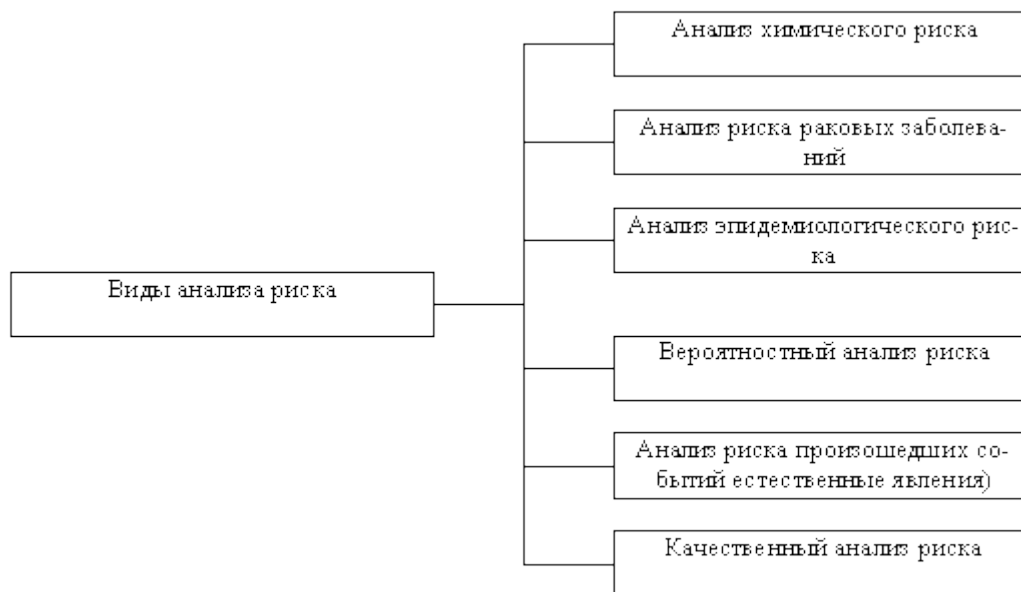


Рис. 5.1. Виды анализа риска

Для канцерогенных веществ анализ риска является вероятностным. Вероятность развития рака (или показатель канцерогенности), обусловленная действием определённого химического вещества, исследуется на моделировании дынных, полученных на животных. В зависимости от принятой модели могут быть получены разные данные.

Вероятность раковых заболеваний или других болезней может быть получена путём эпидемиологических исследований на основе определения корреляции между экспозицией [токсиканта](#) с развитием рака или других заболеваний. Анализ эпидемиологического риска связан с установлением корреляционных или вероятностных связей между экспозицией химического вещества и заболеванием. Более часто для оценки риска рака используются данные о [смертности](#) в профессиональных группах. Стандарты заболеваемости и смертности могут служить подтверждением роста величины риска для здоровья с увеличением экспозиции. Однако, из-за большой неопределённости в определении экспозиции, результаты эпидемиологических исследований сопоставляют с результатами, получаемыми на животных для того, чтобы установить вероятностные отношения между чувствительностью к канцерогенным агентам и раком.

Вероятностный анализ риска применяется к оценке надёжности производственных процессов и надёжности ядерных реакторов (дерево отказов и анализ дерева отказов). Вероятность отказа (выход из строя отдельного элемента или системы) вследствие серии взаимосвязанных событий может быть определена путём оценки отказа отдельных компонентов. Поскольку вероятность отказа химического процесса может быть оценена, имеется возможность применить анализ химического риска, обусловленного определённым токсическим веществом.

Основываясь на исторических данных можно оценить вероятность неблагоприятных ситуаций, связанных с природными стихийными бедствиями (такими как пожары, наводнения) или с видом человеческой деятельности (например, транспортные аварии). Этот тип анализа риска часто используют при анализе несчастных случаев на производстве. Анализ экономического риска также можно рассматривать как относящийся к этой категории, поскольку отрицательные экономические эффекты могут быть определены по известной стоимости потерянных химикатов и по стоимости других элементов,



связанных с загрязнением (стоимость вывоза мусора из населённых пунктов, величина налогов, стоимость медицинских услуг и т.п.).

Некоторые явления ещё не могут быть оценены. Например, риск от кислотных дождей пока не поддаётся количественной оценке, пока не оценён риск от глобального потепления. Но такие задачи также со временем могут быть решены по мере накопления данных и совершенствования методик количественного анализа риска.

#### **5.1.4. Анализ химического риска по методикам ЕРА**

Большинство проблем окружающей среды, которые затрагивают население, обусловлено его контактами с химическими веществами (ингаляционный, оральный с продуктами или водой или дермальный контакт), выбрасываемыми химическими или другими предприятиями, электростанциями, автомобилями или с сельскохозяйственными химическими веществами. Анализ химического риска обычно не состоит в определении вероятности [неблагоприятного эффекта](#). Обычно, он устанавливает уровень химикатов в наших продуктах, воде или воздухе, к которому чувствительно большинство людей, хотя и без появления явных отрицательных эффектов для здоровья. Эти уровни (или концентрации химических веществ в окружающей среде или суммарное поступление их в организм по одному или всем возможным путям контакта) затем определяются как "критерии", которые служат в качестве установленных стандартов. В частном случае загрязнения, можно измерить или определить экспозицию загрязнителя и сравнить с действующими критериями. Отрицательный эффект будет больше, если уровень экспозиции превысит определённый "безопасный" уровень.

Анализ химического риска обычно делится на 4 шага:

1. **Идентификация опасностей (загрязнителя).** Идентификация потенциально токсического химического вещества;
2. **Определение отношения "доза–ответ".** Определение токсикологических свойств в зависимости от пути поступления – оральный, ингаляционный или другой – в организм человека. Отношение доза-ответ обычно определяют на экспериментах с животными;
3. **Оценка экспозиции.** Определение количества химического вещества в окружающей природе и его поступления в организм человека. Количество химического вещества поступившего в организм человека определяют путём установления количества химиката в окружающей природе и путей его транспорта (миграции). Суммарное количество токсиканта, который может нанести вред здоровью отдельного индивидуума или популяции, определяют путём количественной оценки поступления с пищей, воздухом и дермального контакта;
4. **Оценка риска.** Оценка риска состоит в обработке данных, полученных на 2-м и 3-м шагах. Для выработки критерия или стандарта исходят из предположения, что концентрация должна быть такой, чтобы не мог быть нанесён вред здоровью. Например, эталонная доза (Reference dose – *RfD*) и "гигиенический" уровень (для 1 дня, 10 дней и субхронической экспозиции) определяют для многих химикатов с использованием фактора надёжности (неопределённости) для защиты большинства индивидуумов. Если для конкретного воздействия загрязнителя (или загрязнителей) будет достигнуто предельное значение критерия, то усилия будут направлены на уменьшение концентрации загрязнителя. Величина риска может быть определена путём сравнения эффекта при конкретном воздействии с установленным критерием или эталонной дозой.

ЕРА имеет длительные традиции, связанные с изучением загрязнений окружающей среды и разработало стандарты и критерии качества для питьевой воды, природных вод, воздуха, допустимых концентраций загрязнения, [эталонных доз](#) для не токсических веществ (Reference dose – *RfD*) для многих химических соединений. ЕРА разрабатывает также методики оценки канцерогенного риска, методики оценки мутагенного риска, проводит огромные исследовательские работы по определению наклона эффективности рака для многих химических соединений, систематизирует токсиканты, публикует справочные данные.



### **5.1.5. Критерии и стандарты EPA**

Первоначально EPA начало разработки методик анализа риска с целью определения критериев и стандартов для химических веществ, загрязняющих воды. Эти работы были начаты в 1980 г. Впоследствии, в 1986 г. разработанный метод анализа риска был распространен на все другие среды. Большинство критериев были разработаны на основе экстраполяции данных, полученных в экспериментах на животных, и данных о дыхании, потреблении воды, пищи и усреднённом весе человека. Среди критериев, разработанных EPA, следует упомянуть наиболее важные.

Критерий качества природных вод – Ambient Water Quality Criteria (*AWQC*) был введен в 1980 г. для приоритетных загрязнителей. При разработке этого критерия принималась во внимание токсичность и биоаккумуляция токсикантов в организмах рыб и других водных организмах.

Требования качества для питьевой воды – Health Advisories (*HA*) определяют допустимые (безопасные) концентрации некоторых химических веществ в питьевой воде для 1-дневного, 10-дневного и хронического употребления. Обычно, эти требования определяются на основе экспериментальных данных, полученных в опытах с крысами и мышами и экстраполяции данных на человеческий организм на основе критерия неопределенности.

**Эталонная доза** – Reference Dose (*RfD*), ранее она была известна как допустимое ежедневное поступление – Acceptable Daily Intake (*ADI*), определена как суммарная дневная доза химического вещества (в миллиграммах на килограмм веса человеческого тела), которая не может нанести вреда здоровью человека даже при условии поступления химиката в организм на протяжении всей жизни. Эталонные дозы определены для нескольких тысяч химикатов. Эталонные дозы и методика оценки риска на их основе разработаны и изложены в Информационной Системе Интегрального Риска – Integrated Risk Information System (*IRIS*), которая была внедрена в 1993 г. Данные в этой системе обновляются ежемесячно.

Уровень беспокойства – Level of Concern (*LOC*) – это такая концентрация токсического вещества в воздухе, при которой население может дышать в течение одного часа без появления невосстановимых отрицательных эффектов в здоровье. Уровень беспокойства определяют по величине показателя немедленной опасности для здоровья и безопасности путем деления его на коэффициент равный 10 или путём деления дозы  $LD_{50}$  на коэффициент 100.

Регистрируемое количество – Reportable quantities (*Rqs*) – определено как количество вещества, подлежащее регистрации. Регистрируемое количество может быть равно 1, 100, 500, 1 000 или 5 000 фунтов, в зависимости от токсичности, канцерогенности, путей и скорости миграции в окружающей среде, химической активности.

Показатель канцерогенности – Cancer potency slope ( $q^*$  – slopes) и - эталонная концентрация – Reference concentration (*RfCs*) описаны в 4-й главе.

### **5.1.6. Методы анализа риска, используемые другими организациями**

Для контроля уровня загрязнений на рабочих местах Комитет по Профессиональному Здоровью и безопасности США – (OSHA) установил и использует предельно допустимые дозы – ПДД – (Permissible Exposure Limits – *PELs*), которые являются производными от предельно допустимых концентраций – ПДК – (Threshold Limit Values – *TLVs*), разработанных Ассоциацией Государственных Промышленных Гигиенистов. Хотя Комитет по профессиональному здоровью установил ПДД для более чем 600 субстанций, они эффективны лишь для некоторых из них, наиболее давно известных.

Национальный институт Профессиональной Безопасности и Здоровья – (NIOSH) разработал аналогичные рекомендуемые предельно допустимые дозы – (Recommended Exposure Limits – *RELs*) для тех же самых субстанций. Все эти величины изначально не приспособлены для применения в количественном анализе риска и специалисты из упомянутых организаций разработали методики качественного и полуколичественного анализа риска на их основе. В последние годы Национальный институт Профессиональной Безопасности и Здоровья разрабатывает методы анализа эпидемиологического риска, а Комитет по Профессиональному Здоровью и безопасности США методы анализа канцерогенного риска, подобные методам уже разработанным EPA.

### **5.1.7. Применение анализа риска к проблемам техногенного загрязнения**

В идеальном мире, с неограниченными ресурсами, мы могли бы технически исключить все [техногенные факторы](#) и конструировать производственные системы по замкнутому безотходному циклу. Однако, поскольку наши ресурсы ограничены, мы создаем проблемы загрязнения отходами, которые в свою очередь порождают проблемы здоровья людей и разрушения природной среды. Применение анализа риска к промышленным загрязнениям позволяет получить необходимые данные, позволяющие снизить отрицательные эффекты и сравнить результаты в терминах здоровья людей и состояния природы при альтернативных по стоимости решениях. Прежде большинство решений принималось на основе общественного мнения. Например, заядлый курильщик воспринимает риск возможности заболеть эмфиземой легких, раком или сердечной болезнью в отношении 1 из 2, но не может согласиться с риском 1 из 10 000, которому он подвергается за счёт загрязнения среды соседней фабрикой. Обычно, население добровольно идёт на более высокий [риск](#), чем по принуждению. В последние несколько лет Агентство по охране окружающей среды США и другие федеральные агентства используют анализ риска как базу для определения приоритетов в проблемах загрязнения окружающей природы, причем прежде проводят анализ, а затем уже выносят проблему на обсуждение общества.

На рис. 5.2. показано как предприятие может использовать анализ риска на различных этапах производства. Риск на этапе транспортировки используемых материалов, их включение в производственный процесс, сам процесс, токсические выделения и летучие продукты в производственном процессе, транспортировка готовой продукции могут быть оценены на основе предыдущих исторических данных и данных измерений. Эти данные могут быть использованы для снижения риска аварий и уровня загрязнений. Для самого производства можно оценить [безопасность](#) процесса (вероятность отказа и/или которые могут привести к загрязнению) используя вероятностный метод анализа риска. Основываясь на этом анализе, можно принять дополнительные меры по защите и/или изменить оборудование или технологический процесс.

Основываясь на данных о количестве [вредных веществ](#), выбрасываемых в воздух, воду, и/или Загрязнение почвы/земли, можно осуществить анализ [риска](#) от воздействия загрязнителей на население и окружающую среду. Аналогично, можно применить процедуры химического анализа риска или анализа риска канцерогенных эффектов.

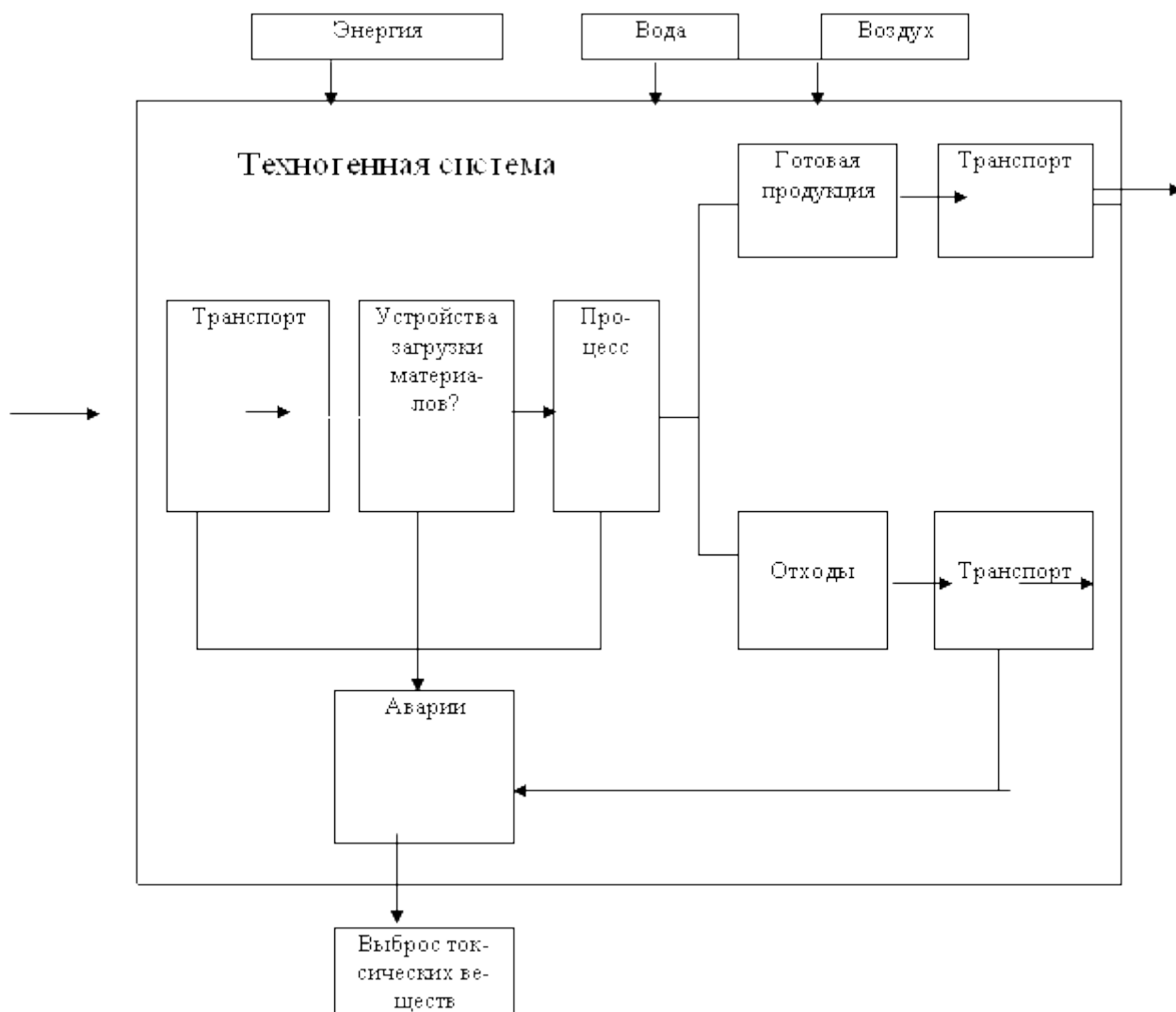


Рис. 5.2. Применение анализа риска к производству

Каждое предприятие составляя годовой отчёт, может использовать методики анализа риска для оценки создаваемых им загрязнений. Основываясь на данных измерений концентраций загрязнителей в воздухе, воде и/или почве можно произвести сравнительный анализ риска для каждого химического вещества или для всего производственного процесса и затем ранжировать потенциальный риск (или вероятность рака, или величину эталонной дозы, или критерии для воды, или для воздуха). Хотя некоторые компании не дают согласия на проведение анализа, они несут ответственность за потенциальное вредное воздействие токсикантов выбрасываемых производством в окружающую среду при превышении допустимых норм. Каждая компания может проводить собственный анализ риска. Существуют многочисленные программы, позволяющие оценить риск для здоровья, обусловленный химическими веществами.

Химический анализ риска и экономический анализ риска могут быть применены для оценки загрязнений в самых разнообразных случаях. Основываясь на таком анализе можно установить приоритеты в разработке мер по защите окружающей среды. Ниже приведены некоторые примеры.

### 5.1.7.1. Химическая промышленность

Поскольку химическая индустрия имеет дело с огромным количеством химических веществ и процессов, применение анализа риска в этой отрасли имеет наибольшее значение.

1. Можно исследовать воздействие на рабочих (основываясь на известных данных и на моделировании процессов эмиссии) для потока сырья, испарений, и конечного продукта (стандарты профессиональной безопасности). Основываясь на этих данных можно оценить выброс вредных веществ в окружающую среду и ранжировать их по вредности. Можно провести анализ безопасности процесса (анализ дерева отказов), с помощью которого можно определить наиболее

опасные места в системе и таким образом уменьшить риск аварий. На основании такого исследования можно устранить утечки вредных веществ в процессе производства и минимизировать риск других опасностей (например, взрывов или отказов).

2. Загрязняющие вещества и/или токсиканты, выбрасываемые в атмосферу, воду и/или почву, являются предметом анализа риска потому, что являются потенциально опасными для населения и экосистем.
3. Сама готовая продукция может быть токсичной и таким образом быть опасной для пользователя и приводить к потере его выгоды. Однако бывает весьма трудно добиться запрещения производства некоторых веществ, поскольку их производства дает большие финансовые выгоды производителю.

Можно осуществить [анализ риска](#) при использовании химических веществ в других производствах теми же методами, которые используются в анализе риска на химических предприятиях. Дополнительный анализ необходимо провести для упаковочных материалов, что необходимо с точки зрения уменьшения количества твёрдых отходов.

### **5.1.7.2. Обработка отходов и контроль загрязнения**

Другим аргументом в пользу предотвращения производственных загрязнений является выбор наилучших решений захоронения отходов, которые могут быть достигнуты путём анализа риска, поскольку свалки представляют огромную проблему для окружающей среды (например, загрязнение диоксинами почв в долине Миссури). Анализ риска создаваемого свалками отходов свидетельствует об огромном количестве проблем, которые были порождены выбором неправильных решений по захоронению и переработке отходов. Агентство по охране окружающей среды разработало стандартизированные процедуры анализа риска для сверх загрязнённых мест. Потенциальный риск для здоровья и экологический риск, связанный с утилизацией твёрдых отходов состоит в следующем:

1. воздействие на рабочих и население токсичных химических веществ (загрязнение подземных и поверхностных вод):
  - A. сверх загрязнённые места: (Многочисленные исследования EPA указывают на необходимость очистки таких мест);
  - B. другие места: (Предприятия часто сбрасывают свежие или частично деградировавшие вещества в естественные углубления. Такой сброс отходов приводит к загрязнению земель, подземных и поверхностных вод);
2. потенциальным источником других ещё более токсичных веществ являются муниципальные предприятия по сжиганию мусора. Одним из веществ, которое образуется при температурах порядка 900 °C является диоксин, мощный токсикант и канцероген для человека. Также, при сжигании других хлорсодержащих органических веществ образуется хлор, который сам по себе высокотоксичен;
3. загрязнение очистительных систем и водных систем. Часто большинство токсических веществ попадает в организм человека случайно при проведении профилактических работ на очистных системах.

Когда проблемы переработки отходов определены путем системного анализа, легче найти наилучшие решения по созданию систем очистки и утилизации как с точки зрения безопасности для здоровья человека, так и с точки зрения минимизации экономических потерь

### **5.1.7.3. Производство энергии**

Производство энергии, к сожалению, связано с загрязнением окружающей природы. Повышение эффективности использования энергии в производстве и в быту является мощным средством предотвращения загрязнений. Различные способы получения энергии создают риск различного уровня, который тем не менее может быть определён количественно.

С точки зрения минимизации риска для здоровья и экологических систем менее опасными являются теплоэлектростанции сжигающие газ и нефть.

#### 5.1.7.4. Транспорт

Транспортирование сырья и готовой продукции очень часто сопровождается загрязнение окружающей природы в следующих видах:

- загрязнение воздуха от 60 до 70 % веществ, загрязняющих атмосферу образуются транспортом (CO, NO<sub>x</sub>, органические соединения, разрушающие озоновый слой);
- обычные испарения и аварийные выбросы токсических веществ при транспортировке от производителя к потребителю: наибольшую опасность представляют при транспортировке бензин и другие нефтепродукты и некоторые химические вещества;
- обычные или аварийные выбросы (разливы) нефтепродуктов (на воде или на земле). Исследования показали, что естественные испарения в два раза больше загрязняют среду, чем выбросы при авариях.

Поскольку наибольшие загрязнения имеют место при транспортировке материалов и готовой продукции, очень важное значение имеет оптимизация маршрутов перевозок и выбор транспортных средств.

#### 5.1.7.5. Приложение анализа риска к отдельным источникам загрязнения

Для каждого промышленного источника загрязнений можно провести [анализ риска](#) начиная с загрязнителей, выбрасываемых источником. Сравнивая создаваемые источником концентрации токсиканта с установленными допустимыми нормами, можно оценить вред наносимый здоровью человека и окружающей природе данным источником загрязнений. И даже в тех случаях, когда нормы токсиканта в воде, воздухе, почве(земле) не определены, можно провести экономический анализ риска с целью разработки мер по предотвращению загрязнений. Схема, представленная на рис. 6.2, может быть использована для анализа риска, создаваемого химическим предприятием. Анализ риска может помочь выбрать самый безопасный вариант химического процесса на основе анализа причин и следствий отказов для каждого из возможных вариантов. Вероятностный анализ риска позволяет определить вероятность [аварии](#). Химический анализ риска позволяет оценить возможные воздействия выбросов на здоровье людей и экологических систем.

Риск для человека и для экосистем может быть определён отдельно на основе существующих процедур. Можно провести оценку риска для здоровья и оценку экономических потерь. Оценка риска для здоровья трудно провести в том случае, если имеются только среднегодовые данные о токсиканте. Однако, если имеются все необходимые исходные данные, то можно и оценить риск и ранжировать его по степени опасности и установить приоритеты мероприятий по предотвращению загрязнения.

Экономический анализ риска позволяет сократить экономические потери.

Американские исследователи оценивают экономические потери от загрязнения окружающей природы от \$ 250 до \$ 500 на человека. Таким образом, в год эти потери для США определены в сумме от 60 до 120 млрд долларов. Это является весьма убедительным аргументом в пользу необходимости анализа риска и разработки программ по предотвращению загрязнений.

Приводят аргументы в пользу извлечения химических веществ из отходов очистных сооружений, систем очистки воды, почв и получить при этом прибыль. Эта идеология вытекает из того, что загрязнение уже произошло и контроль загрязнений осуществляется на выходе "трубы". На самом деле, на выходе "трубы" ловить загрязнители уже поздно, поскольку согласно закона об энтропии, энергия уже затрачена и на извлечение этих химикатов необходимы ещё дополнительные затраты энергии. Потери химикатов должны быть устранены уже на этапе транспортировки исходных материалов и в процессе производства, должны использоваться замкнутые циклы, только такой путь наилучшим образом позволяет предотвратить загрязнение.

### 5.1.7.6. Заключение

Применение анализа риска к промышленным загрязнениям показывает, что:

- [анализ риска](#) позволяет установить приоритеты для химических веществ и процессов, позволяющие обеспечить наивысшую безопасность для здоровья человека и экологических систем;
- загрязнения могут рассматриваться как ресурсы, распределённые в неправильных местах. Старая парадигма контроля загрязнений экономически менее целесообразна, чем предотвращение загрязнений, что неоспоримо подтверждается экономическим обоснованием;
- и экономический анализ и анализ здоровья населения основанный на оценке риска может быть использован для минимизации и предотвращения загрязнений.

## Тема 13:

### 5.1. Основные сведения о методиках оценки риска U.S. EPA

1. Охарактеризуйте связь риска с современными технологиями.
2. Дайте определение видов анализа риска.
3. В чём заключается анализ химического риска?
4. Какие критерии и стандарты применяет Агентство по охране окружающей среды США при оценке риска?
5. В чём состоит анализ риска для предприятия?
6. Какие этапы химического производства подлежат анализу при исследовании риска?
7. К каким видам производства может быть применён анализ риска и какие проблемы могут быть решены с его помощью?

### 5.2. Оценка опасностей и риска, создаваемых химическим загрязнением

#### 5.2.1. Идентификация опасностей

Идентификация опасностей заключается в выявлении потенциально вредных факторов, изучении источника загрязнения; составлении перечня приоритетных химических веществ, присутствующих на исследуемой территории; исследованию достаточности и надёжности имеющихся данных об уровнях загрязнения компонентов окружающей среды (атмосферы, вод, почвы, биологических объектов); оценке связей между изучаемыми факторами и [нарушениями здоровья населения](#).

Оценка риска требует совершенно точного знания, химических веществ присутствующих в обследуемом месте, в каких количествах и каковы их концентрации, как они распределены пространственно, как они перемещаются в окружающей среде от источника загрязнения к потенциальному реципиенту (человеку, животному, растению).

Данные, которые необходимо собрать для анализа, риска приведены в табл. 5.2.

Данные, необходимые для анализа риска

Тип данных	Название данных
Общая характеристика	Легенда местности Карта землепользования
Характеристика загрязнения местности	Загрязнение воздуха, подземных вод, поверхностных вод, почвы, донных осадков
Характеристики путей миграции химических веществ	Геологические Гидрогеологические Климатические Топографические
Потенциальные реципиенты	Население, подвергающееся воздействию Экологические системы, подвергающиеся воздействию

На рис. 5.3 показаны три возможные прямые пути миграции загрязнителя от источника загрязнения к человеку.

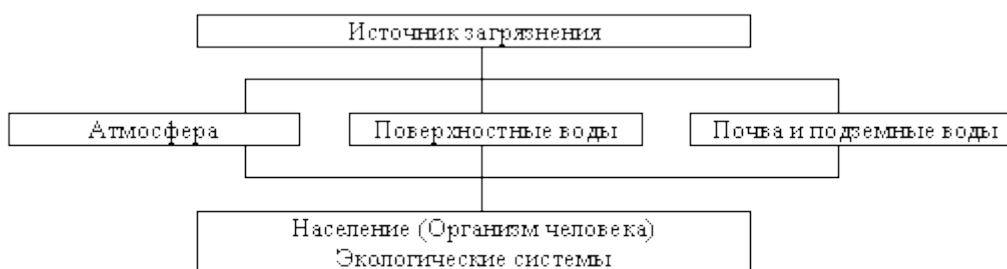


Рис. 5.3. Пути миграции вредных веществ от источника загрязнения до организма человека

При анализе опасностей требуется составление более детальных маршрутов попадания химических веществ от источника загрязнения, например, в организм человека. С этой целью составляются уточнённые схемы, учитывающие любые возможные пути миграции. Затем на основе таких схем проводится детальное изучение механизмов перемещения и преобразования, составляются соответствующие модели и производится количественная оценка. Обычно, в целях упрощения анализа из списка всех обнаруженных в данной местности [токсикантов](#) выбирают те, которые определяют до 99% риска.

### 5.2.2. Выбор наиболее опасных токсикантов

При контроле состояния конкретного загрязнённого объекта не редко в анализах обнаруживают до ста и более различных химических веществ. В таких случаях чрезвычайно трудно провести анализ для всех токсикантов. Можно существенно уменьшить число токсикантов, подлежащих анализу, если принять во внимание ряд определяющих факторов.

При выборе списка определяющих токсикантов учитывают:

1. те вещества, которые являются наиболее токсичными, устойчивыми и подвижными;
2. те вещества, которые содержатся в наибольших количествах и встречаются на большем пространстве;
3. те вещества, которые оказывают наибольшее воздействие.

Первоначальная обработка данных состоит в выборе из списка всех токсикантов, обнаруженных в данной местности, наиболее опасных, их ранжирование и определение тех токсикантов, которые определяют 99 % риска.

Этот этап обработки состоит из ряда процедур:

1. составление списка для каждой из сред (воздух, вода, почвы и т.д.) для всех канцерогенных и не канцерогенных токсикантов, обнаруженных при проведении экологической экспертизы данной местности (мониторинга, измерений, контроля);



2. табуляция для каждого обнаруженного токсиканта среднего и максимального значений концентраций;
3. определение для каждого [токсиканта](#) эталонной дозы (*RfD*) и показателя канцерогенности (*SF*) (см. разделы 3.3.2 и 3.3.3);
4. определение степени токсичности для каждого токсиканта в каждой среде.

Для не канцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле:

$$S_t = C_{max}/RfD \quad (5.1)$$

где  $S_t$  – степень токсичности,  $C_{max}$  – максимальная концентрация,  $RfD$  – [эталонная доза](#) для хронического воздействия.

Для канцерогенных веществ степень токсичности определяют по формуле:

$$S_t = C_{max} \cdot SF \quad (5.2)$$

где  $SF$  – показатель канцерогенности.

5. ранжируют вещества в каждой среде по степени токсичности;
6. для каждой из сред выбирают те вещества, которые определяют 99 % риска в общей величине риска.

Ранжирование токсикантов по степени их опасности учитывает их максимальную концентрацию и токсичность. Этим обработка данных не заканчивается. Для более точного учёта опасности необходимо для каждого из выбранных химикатов учесть их подвижность в окружающей среде и другие факторы.

Дополнительное исследование включает:

- среднюю концентрацию;
- частоту обнаружения;
- подвижность;
- устойчивость;
- накопление.

Обычно вещества, которые обнаруживают очень редко или которые имеют очень низкую концентрацию, не принимают во внимание. Для оценки подвижности токсиканта в окружающей среде используют данные о периоде полужизни и физико-химических свойствах (давление пара, растворимость и т.п.). Вещества, которые являются устойчивыми и подвижными должны быть оставлены в списке. Также должны быть оставлены в списке вещества, которые разлагаясь или взаимодействуя с другими веществами, образуют новые опасные вещества, которые также должны быть включены в список с учётом их концентраций.

Таким образом, окончательный список может содержать порядка 10–15 веществ, а иногда и меньше. Это ограничивает объём дальнейших исследований и расчётов.

### **5.3. Определение отношения "доза–ответ"**

Второй этап оценки опасностей и риска состоит в определении токсичности химических веществ, включённых в список. Для определения токсичности изучают зависимости "доза-ответ". На основании таких исследований определяют [референтные дозы](#) (*RfD*) для неканцерогенных веществ и показатель канцерогенности (*SF*) – для канцерогенных. Подробное изложение методик проведения экспериментов и определения значений *RfD* и *SF* изложено в разделах 3.2.1 – 3.2.3.

На практике в настоящее время имеющиеся базы данных содержат сведения о нескольких десятках тысяч химических веществ, поэтому, как правило, выполнение второго этапа оценки риска по методикам ЕРА состоит в поиске необходимых данных. Понятно, что во всем мире постоянно ведутся исследования токсических свойств новых химических веществ. Эти занимаются специальные



исследовательские центры и лаборатории. Специалисту экологу такие исследования проводить нет необходимости.

Для оценки зависимости "доза–ответ" могут использоваться компьютерные программы THRESH (Howe R.B., 1995); TOXRISK (Crump K.S. at all.; (<http://www.epa.gov/ncea/bmds.htm>); а также мощная коммерческая программа (<http://www.cytel.com/new.pages/ТТ.2.html>).

Полную характеристику острых вредных воздействий можно найти в отечественной компьютерной системе ТОХHAZ, разработанной в НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина РАМН.

Значения референтных доз и показателей канцерогенности для многих химических веществ и для различных путей поступления токсикантов в организм содержатся в "Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду" ([Руководство..., 2004](#)).

## **5.4. Оценка экспозиции**

Третий этап количественной оценки риска состоит в определении воздействия химических веществ на население подверженное воздействию. Для ясного понимания того, что представляет собой источник загрязнения, этот этап начинают с описания источника и пространственного распределения загрязнителей на местности. Далее необходимо выяснить, как загрязняющие вещества ведут себя, и какими путями они мигрируют к потенциальному реципиенту.

Определив источник и реципиента, устанавливают наиболее чувствительную популяцию и оценивают последствия кратковременной и долгосрочной экспозиции.

### **5.4.1. Природные пути миграции**

Исследование путей миграции токсикантов от источника до реципиента включает изучение:

- источника;
- химических процессов растворения;
- механизмов перемещения;
- механизмов переноса;
- механизмов превращения;
- точек воздействия;
- пути воздействия;
- реципиента.

На рис. 5.3. показаны возможные пути миграции вредных веществ от источника загрязнения до организма человека.

При изучении конкретного случая пути миграции изучаются более детально. В качестве примера можно привести два наиболее распространённых пути перемещения химических веществ: первый через подземные воды и второй через атмосферный воздух (см. рис. 5.4).

Для каждого химического вещества должны быть определены пути распространения от источника к реципиенту. Для облегчения рекомендуется вначале составить карту (рис. 5.5) возможных путей распространения, а затем уже определив какие вещества и какими путями достигают организма человека проводить количественный анализ.

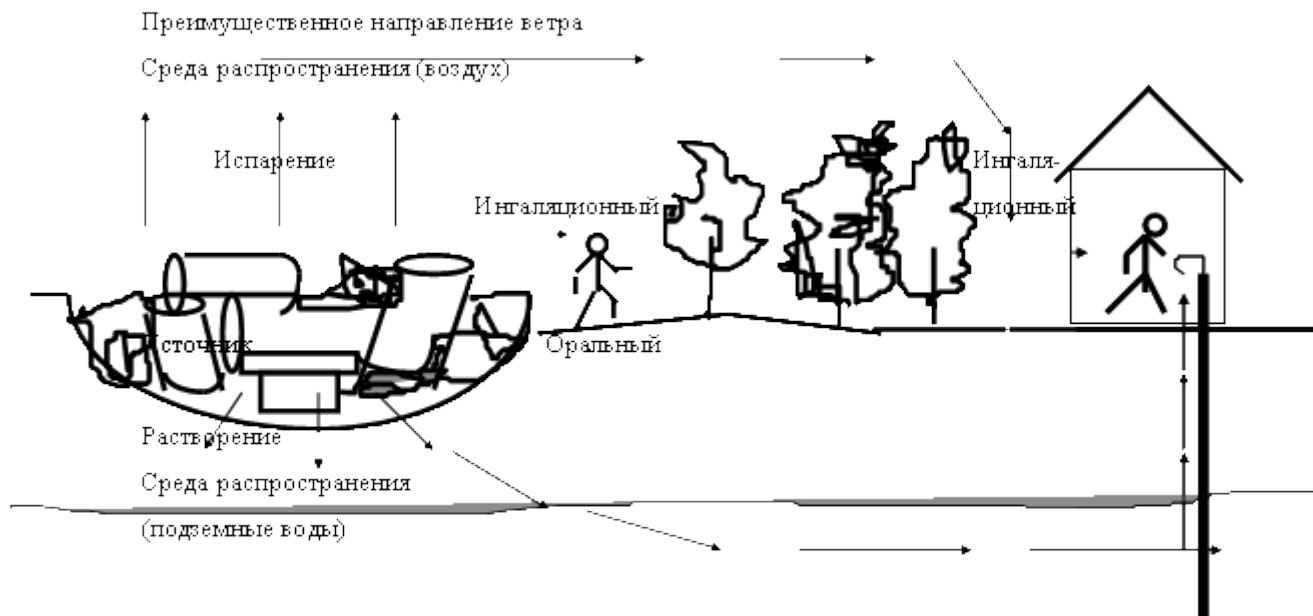


Рис. 5.4. Пути транспорта химических веществ от источника к человеку

Поступление химических веществ от источника загрязнения в окружающую среду происходит за счёт естественных процессов, таких как: растворение растворимых химических веществ грунтовыми водами; в результате человеческой деятельности, например, строительства дренажных систем и т.д. Пути поступления веществ приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Механизмы поступления химических веществ в окружающую среду

Среда	Механизм
Воздух	Испарение Эрозионная пыль Сжигание
Почва	Эрозия Растворение Аварийные сбросы
Поверхностные и подземные воды	Растворение Аварийные сбросы

Попадая в окружающую среду химические вещества мигрируют, переносятся, претерпевают разнообразные превращения, вступают в химические реакции, разлагаются и т.п., при этом иногда образуются новые вещества, ещё более токсичные, чем исходные.

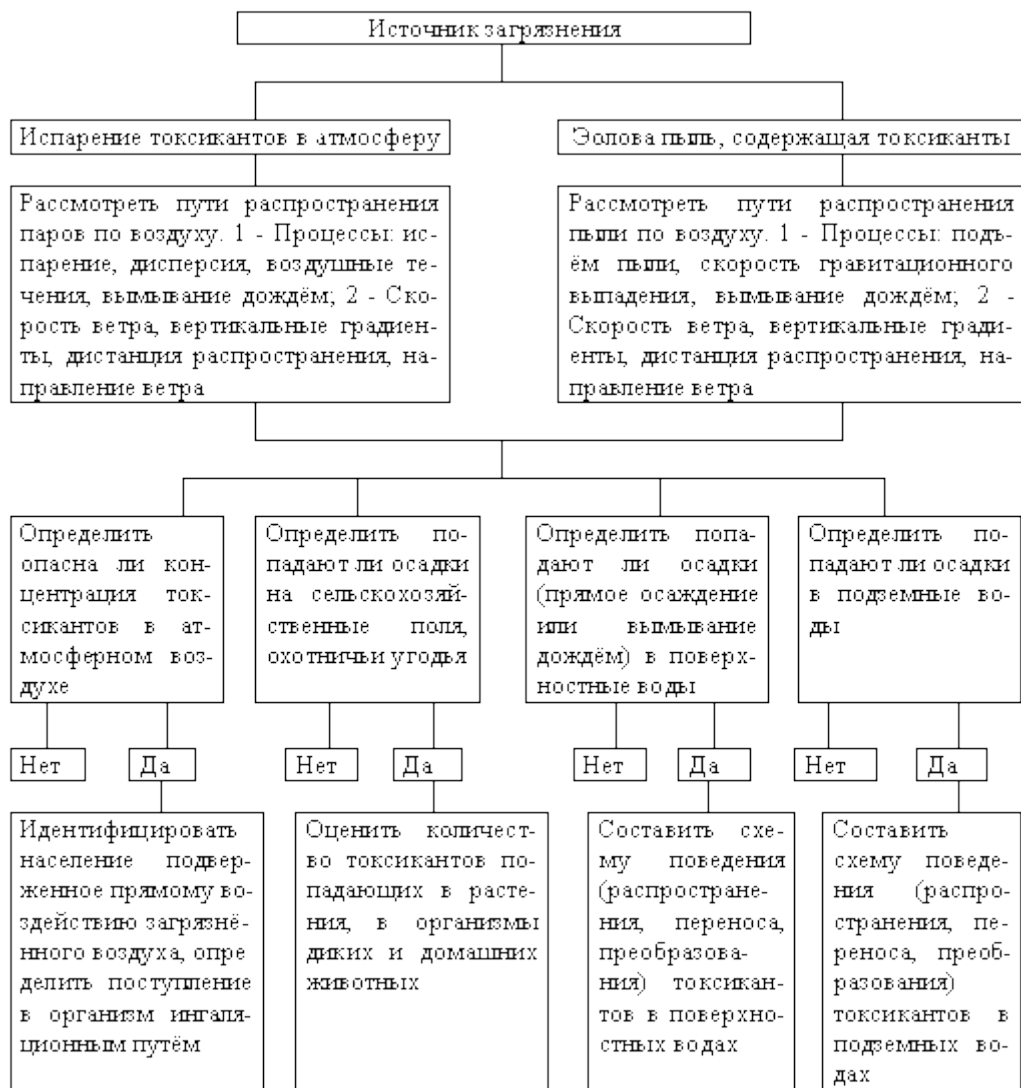


Рис. 5.5. Карта миграции вредных веществ от источника к человеку по воздушному пути

Некоторые механизмы переноса и преобразований показаны в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Механизмы переноса и преобразования химических веществ в окружающей среде

Среда	Механизм	
	Переноса	Преобразования
Воздух	Вымывание дождём	Окисление озоном
	Гравитационное осаждение	Фотохимические реакции
Почва	Потребление растениями	Биоразложение
	Растворение дождевой водой	Окисление
	Растворение грунтовой водой	Химические реакции
Вода	Испарение	Биоразложение
	Адсорбция	Фотохимическое разложение

### 5.4.2. Потенциально подверженное воздействию население

Следующий шаг состоит в анализе населения, которое подверглось или потенциально может подвергнуться воздействию загрязняющих веществ.

Этот анализ состоит в следующем:

- население, проживающее вблизи источника загрязнения;
- население, которое может проживать в будущем вблизи данного источника;
- специфические группы населения (например, дети, старики, беременные женщины и др.) которые могут иметь повышенную чувствительность или требуют более надёжной защиты;

- потенциальные работники, которые должны выполнять работы на источнике загрязнения.

Как правило, [опасности](#) может подвергаться население, проживающее на расстоянии 2–5 км от источника. Но дистанция может быть и большей с учётом местных климатических условий или степени опасности загрязнителей. Определяя население, потенциально подвергающееся опасности, основываются на документальных источниках, содержащих демографические данные, такие как: данные переписи населения, городские и региональные карты, сведения о землепользовании, проекты будущего землепользования, документы аэрофотосъёмки, данные демографических обследований, а также посещают изучаемые места.

После сбора документальных сведений, уточняют особенности использования и назначения обследуемого района:

- какие наиболее уязвимые заведения расположены в районе – школы, больницы, дома престарелых, детские сады и т.п.;
- какие посещаемые места имеются в районе – парки, спортивные площадки, заповедные уголки и т.п.;
- какую часть времени выделенные группы населения проводят в загрязнённых местах, например, дети в школе или детских учреждениях;
- имеет ли место загрязнение растительности, посевов, овощных культур, которое может привести ко вторичному воздействию на население при употреблении в пищу загрязнённых продуктов.

В первую очередь внимание должно быть уделено таким выделенным группам населения, как дети, старики, беременные женщины, хронические больные, поскольку они имеют наибольшую чувствительность и подвержены хроническим заболеваниям. Особое внимание должно быть уделено изучению детских и лечебных учреждений. Обращают внимание также и на будущее воздействие, которое загрязнение может оказать в последующие периоды. Особенно это касается источников подземных вод, в которые [токсиканты](#) могут просочиться через десятки лет.

После получения всех данных по населению разрабатываются схемы возможного воздействия химических веществ. Схемы возможного воздействия уточняют пути, по которым химикаты могут достигать населения (смотри, например, рис. 5.5).

Таких схем несколько:

1. схема воздействия на рабочих. В ней должны быть учтены лица, работающие непосредственно на источнике загрязнения. Это ликвидаторы, если речь идёт об аварии. Если речь идёт о вредном производстве: химическом или биотехнологическом, по ликвидации и переработке отходов и т.п., то обследование проводится и на территории предприятия, и на рабочих местах;
2. схема воздействия на нарушителей. Речь идёт об установлении запрещённой зоны, закрытой для посещения после аварии. В эту зону могут попасть любопытные или случайные люди, такие как сборщики грибов или ягод, охотники, рыбаки, просто отдыхающие, дети и др.;
3. схема воздействия на население, проживающее в загрязнённом районе. Оценивают воздействие на население, проживающее в настоящее время и на население, которое будет проживать в будущем. Особое внимание уделяют загрязнению и использованию в будущем подземных источников воды;
4. схема воздействия на отдыхающих. В этом случае учитывают людей, которые могут оказаться на загрязнённой территории, отправляясь на отдых: поплавать, порыбачить, в турпоход и другие виды отдыха;
5. схема строительства. Рассматривают планы жилищного и промышленного строительства на загрязнённой территории в будущем.

Получив все необходимые данные приступают к оценке продолжительности и частоты воздействия, путей поступления токсикантов в организм.

### 5.4.3. Определение количества токсиканта, попадающего в организм в точке воздействия

Следующий шаг в определении риска заключается в определении количества каждого [токсиканта](#), попадающего в организм человека в течение времени, когда он находится в точке воздействия по различным путям – воздушному, через поверхностные и подземные воды, через почву, с продуктами питания.

Для этих расчётов необходимы, прежде всего, данные о концентрации вредных веществ в точке воздействия. Эти данные могут быть получены путём измерений, или взяты из баз данных мониторинга, или из материалов отчётности по состоянию природной среды. Как правило, данных обычно не хватает и в каждом конкретном случае приходится проводить дополнительные измерения.

Большие затруднения могут встретиться при вычислении концентраций вредных веществ в будущем. Такие данные могут быть получены только на основе моделирования сложных процессов миграции вредных веществ в природных средах. Это требует применения законов гидрологии, геологии, физики и других наук.

При определении количества вещества, попадающего в организм человека, учитывают три главных пути его поступления:

- оральный – с пищей и водой;
- ингаляционный – с вдыхаемым воздухом;
- дермальный – через кожные покровы.

Основные факторы, которые влияют на поглощённую дозу вещества, представлены в табл. 5.5.

Таблица 5.5.

Факторы, влияющие на дозу вещества, попадающего в организм человека

Путь поступления	Определяющие факторы
Оральный	Концентрация вещества в поглощаемой смеси Количество поглощённой смеси Биовосприимчивость пищеварительной системы
Ингаляционный	Концентрация в воздухе или пыли Распределение размеров частиц Частота дыхания Биовосприимчивость дыхательной системы
Дермальный	Концентрация в почве или в пыли Степень выпадения пыли из воздуха Прямой контакт с почвой Площадь кожного покрова, подвергшаяся воздействию Биовосприимчивость кожного покрова

Другими [факторами риска](#), влияющими на степень воздействия, являются образ жизни, длительность контакта – хронических, субхронический или кратковременный, частота контакта, вес тела реципиента и др.

Вычисление количества токсиканта, поступившего в организм ведётся по империческим формулам.

Для общего случая количество вещества, поступившего в организм человека оральным путём определяется по формуле (5.3):

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT}, \quad (5.3)$$

где  $I$  – поступление вещества в организм за день определяют в мг на кг веса тела (мг/кг\*день);  $C$  – концентрация токсичного вещества в точке воздействия (мг/кг – для пищи, мг/дм<sup>3</sup> для воды);  $CR$  – количество смеси, поступившей в организм за день (кг/день – для пищи, дм<sup>3</sup>/день – для воды);  $EF$  – частота

поступления или контакта в течение года (дней/год);  $ED$  – продолжительность воздействия или экспозиции (лет);  $BW$  – вес тела (кг);  $AT$  – продолжительность воздействия токсиканта на организм (дней).

При расчётах количества токсиканта попадающего в организм используют стандартные параметры для веса тела, кожного покрова, количества поглощаемой пищи и воды, количества вдыхаемого воздуха. Стандартные параметры приведены в табл. 6.6. Там же приведены значения продолжительности  $AT$  воздействия токсиканта на организм для канцерогенных и неканцерогенных веществ.

Количество вещества, поступающего в организм ингаляционным путём, рассчитывают по формуле (5.4):

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED \times RR \times ABS}{BW \times AT}, \quad (5.4)$$

где  $C$  – концентрация вещества в воздухе ( $\text{мг}/\text{м}^3$ );  $CR$  – количество воздуха вдыхаемого за день ( $\text{м}^3/\text{день}$ );  $RR$  – коэффициент биосохранения и  $ABS$  коэффициент абсорбции. Эти два коэффициента могут иметь значения от 0 до 1,0. Если данные о величине коэффициента отсутствуют, то его значение принимают равным 1,0.

Концентрацию токсического вещества, входящего в состав пыли, определяют по формуле (5.5):

$$C = C_{cd} \cdot C_{da}, \quad (5.5)$$

где  $C_{cd}$  – концентрация токсического вещества в пыли ( $\text{мг}/\text{мг}$ );  $C_{da}$  – концентрация летучей пыли в воздухе ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

Полное число дней экспозиции или воздействия токсиканта на организм человека для неканцерогенных веществ принимают равным 30\*365 дням для взрослых, 6\*365 дням для детей в возрасте от 6 до 12 лет и 4\*365 дням для детей в возрасте от 2 до 6 лет. Для канцерогенных веществ эту величину принимают равной 70\*365 дням не зависимо от возраста человека, полагая, что отдалённые последствия могут проявиться на любом отрезке жизни.

Дневное поступление вещества в организм человека при дермальном контакте определяют по формуле (6.6):

$$I_{derm} = \frac{C \cdot S \cdot DA \cdot ABS \cdot SM \cdot EF \cdot ED \cdot k}{BW \cdot AT}, \quad (5.6)$$

где  $S$  – площадь открытого кожного покрова, на которую попадает пыль ( $\text{см}^2$ );  $DA$  – количество пыли оседающей на одном квадратном сантиметре кожи ( $\text{мг}/\text{см}^2$ );  $ABS=0.06$  – коэффициент абсорбции вредного вещества кожным покровом;  $SM=0,15$  – коэффициент эффективности, показывающий что только 15 % вредного вещества, содержащегося пыли, воздействуют на кожный покров;  $k=\text{кг}/10^6 \text{ мг}$  – коэффициент приведения веса, вводимый для приведения размерности формулы к необходимому виду.

Стандартные параметры для расчёта доз и поступления токсичных веществ в организм человека

Параметр	Взрослые	Дети от 6 до 12 лет	Дети от 2 до 6 лет
<i>EW</i> – вес тела (кг)	70	29	16
<i>S</i> – площадь кожного покрова (см <sup>2</sup> )	18150	10470	6980
<i>CR</i> – количество вещества поступающего в организм:			
Поступление воды – дм <sup>3</sup> /день	2	2	1
Поступление пищи – кг/день	1	1	0,5
Поступление воздуха – м <sup>3</sup> /час	0,83	0,46	0,25
Поступление пыли – мг/день	100	100	200
<i>EF</i> – частота поступления или контакта в течение года (дней/год) для постоянно проживающих	365	365	365
<i>AT</i> – продолжительность воздействия токсиканта на организм (дней)			
– для неканцерогенных веществ	30-365	6-365	4-365
– для канцерогенных веществ	70-365	70-365	70-365
<i>T</i> – продолжительность купания или принятия душа (часов)	0,5	0,5	0,5
<i>FR</i> – коэффициент биосохранения	100 %	100 %	100 %
<i>AES</i> – коэффициент абсорбции	100 %	100 %	100 %

Другие формулы для различных случаев воздействия, а также более подробные значения стандартных параметров, учитывающие различные условия воздействия, характеристики продуктов питания и т.п. при исследовании конкретных случаев, можно найти в "Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду" (Руководство..., 2004), а также в монографии Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. "Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду" (Онищенко Г.Г. и др., 2002).

## 5.5. Оценка опасностей и риска

Последний четвёртый этап состоит собственно в определении опасности для неканцерогенных веществ и величины риска для канцерогенных. На этом этапе определяют опасность или риск для населения или отдельных индивидуумов.

На основе данных конкретных измерений можно определить реальный риск, а на основе данных, полученных в результате прогнозирования можно определить потенциальный риск для будущих поколений. Степень достоверности проводимых оценок зависит в первую очередь от точности используемых данных.

### 5.5.1. Оценка риска раковых заболеваний

Индивидуальный канцерогенный риск определяется как произведение хронического дневного поступления и показателя канцерогенности по формуле (5.7):

$$R = I * SF, \quad (5.7)$$

где *R* – величина риска ракового заболевания.

Расчёт канцерогенного риска должен быть выполнен для каждого канцерогенного вещества, встретившегося в анализе, полученных в изучаемом месте.

Результирующий канцерогенный риск для отдельного индивидуума равен сумме отдельных составляющих и вычисляется по формуле (6.8):

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} R_{i,j}, \quad (5.8)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – число канцерогенных веществ, встречающихся в данной местности,  $j = 1, 2, 3, \dots, m$  – число путей поступления токсикантов в организм человека.

Риск для населения или группы лиц определяют как произведение индивидуального риска  $R_{\Sigma}$  на число людей подверженных воздействию:

$$H = R_{\Sigma} \cdot N, \quad (5.9)$$

где  $N$  – численность населения или число лиц в группе подверженных воздействию.

### 5.5.2. Оценка опасности воздействия неканцерогенных веществ

Риск, создаваемый неканцерогенными веществами, определяют как коэффициент опасности  $HI$  по формуле (5.10):

$$HI = I / RfD \quad (5.10)$$

Если окажется, что допустимое поступление  $I$  вредного вещества в организм человека равно эталонной дозе  $RfD$ , то, согласно определения, индекс опасности  $HI=1$ .

Для приемлемости опасности, обусловленной неканцерогенными веществами должно обеспечиваться условие:

$$HI \leq 1. \quad (5.11)$$

Индекс опасности определяют для каждого пути поступления и для каждого вещества, встречающегося в данной местности:

$$HI_{\Sigma} = \sum_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} HI_{i,j}, \quad (5.12)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – число неканцерогенных веществ, встречающихся в данной местности,  $j = 1, 2, 3, \dots, m$  – число путей поступления токсикантов в организм человека.

Суммарный индекс опасности также должен быть меньше единицы.

## Вопросы к теме 14:

### 5.2. Оценка опасностей и риска, создаваемых химическим загрязнением

1. Объясните как определяют риск для населения для разных источников опасности.
2. Объясните разницу между риском для населения и риском для определённого контингента лиц.
3. Объясните как определяют суммарный риск.
4. Объясните различие между риском и опасностью.
5. Объясните в чём состоит методика количественного определения риска и какие этапы она включает.
6. Объясните какие данные необходимо собирать для количественной оценки риска.
7. Какие данные используют для исключения вредных веществ из списка токсикантов, учитываемых при расчёте риска?
8. Каким образом ранжируют вещества при ранжировании токсических веществ по степени их опасности?
9. Опишите пути миграции вредных веществ от источника к реципиенту.
10. Какие механизмы действуют при поступлении вредных веществ в окружающую среду?
11. Какие механизмы переноса и преобразования действуют в окружающей среде?
12. Как определяют состав населения, подверженного воздействию?



13. Опишите пути поступления вредных веществ в организм человека.
14. Как вычисляют риск раковых заболеваний?
15. Как количественно оценивают опасность воздействия неканцерогенных веществ?

## Термины и определения к 5-й главе

**Авария** (accident; damage) – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на производственном объекте, неконтролируемые взрывы и (или) выброс опасных веществ.

**Агрегированный риск** – вероятность развития вредного для здоровья эффекта в результате поступления одного химического вещества в организм человека всеми возможными путями (синоним: комплексное поступление) (Руководство..., 2004).

**Анализ риска** (risk analysis) – процесс получения информации, необходимой для предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трёх компонентов: оценка риска, управление риском, информирование о риске (Руководство..., 2004).

**Безопасность** – высокая вероятность отсутствия вредного эффекта при определённом режиме и условиях воздействия анализируемого химического вещества. На практике соответствует либо отсутствию риска, либо его приемлемым уровням.

**Вещество вредное:** 1 – химическое соединение, которое при контакте с организмом человека может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья; 2 – химическое вещество, вызывающее нарушения в росте, развитии или состоянии здоровья организмов, а также могущее повлиять на эти показатели со временем, в том числе в цепи поколений.

**Вред окружающей среде** – негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов (7-ФЗ, 2002).

**Вредное воздействие на человека** – воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека либо угрозу для жизни и здоровья будущих поколений (ст. 1 Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ).

**Вредное влияние** (Adverse effect) – Биохимическое изменение, функциональное поражение или патологическое поражение, которое отрицательно действует на организм или уменьшает его способности реагировать на дополнительные осложнения в окружающей среде и справляться с ними.

**Вредный эффект для здоровья** – изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, популяции или потомства, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный стресс, или в повышении чувствительности к воздействиям других факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Доза** (Dose) – количество вещества, полученного субъектом – человеком или животным.

**Доза** – основная мера экспозиции, характеризующая количество химического вещества, воздействующее на организм (Руководство..., 2004).

**Доза эквивалента для человека** (Human equivalent dose) – доза агента, оцениваемая, как создающая для человека такое же токсическое воздействие, какое производит известная доза для животного.

**Дополнительный риск** (Added risk) – дополнительный риск для той части населения, которая не включается в измерение фонового числа заболеваний.

**Допустимая доза** (Reference dose) – величина непрерывного воздействия на людей через дыхательные пути, включая особо чувствительные подгруппы, которая, по-видимому, не создаёт заметного риска вредных не раковых последствий в течение срока жизни.

**Допустимая концентрация** (Reference concentration) – величина ежедневного воздействия на людей, включая особо восприимчивые подгруппы, которая, по-видимому, не создаёт заметного риска вредных не раковых последствий в течение срока жизни.

**Единичный риск** – верхняя доверительная граница дополнительного пожизненного риска, обусловленного воздействием химического вещества в концентрации 1 мкг/м<sup>3</sup> (ингаляция загрязненного воздуха) или 1 мкг/л (поступление с питьевой водой). Представляет собой риск на одну единицу концентрации

**Зависимость “доза-ответ”** – корреляция между уровнем экспозиции (дозой) и долей экспонированной популяции, у которой развился специфический эффект (Руководство..., 2004).

**Зависимость “доза-эффект”** – связь между дозой и степенью выраженности эффекта в экспонированной популяции (Руководство..., 2004).

**Зависимость “экспозиция-ответ”** – связь между воздействующей дозой (концентрацией), режимом, продолжительностью воздействия и степенью выраженности, распространённости изучаемого вредного эффекта в экспонируемой популяции (Руководство..., 2004).

**Значения порогового предела** (Threshold limit values) – рекомендованы инструкциями по контакту с загрязнителями воздуха на рабочем месте, которые опубликованы собранием промышленных гигиенистов. ЗПП представляют собой среднюю концентрацию (в мг/м<sup>3</sup>) при 8 часовом рабочем дне и 40 часовой рабочей неделе, которую почти все рабочие могут неоднократно испытывать день за днем, причем без каких-либо вредных последствий.

**Избыточный риск за время жизни** (Excess lifetime risk) – Дополнительный риск (выше нормального фона), получаемый субъектом за время жизни при воздействии на него токсического вещества.

**Индекс опасности** – сумма коэффициентов опасности для веществ с однородным механизмом действия или сумма коэффициентов опасности для разных путей поступления химического вещества (Руководство..., 2004).

**Индивидуальный риск** (Individual risk) – оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума, например, риск развития рака у одного индивидуума из 1 000 лиц, подвергавшихся воздействию (риск 1 на 1 000 или  $1 \cdot 10^{-3}$ ). При оценке риска, как правило, оценивается число дополнительных по отношению к фону случаев нарушений состояния здоровья, т. к. большинство заболеваний, связанных с воздействием среды обитания, встречаются в популяции и при отсутствии анализируемого воздействия (например, рак) (Руководство..., 2004).

**Интегрированная оценка риска** – процесс совместного анализа рисков, связанных с множеством источников, воздействующих факторов и маршрутов воздействия на человека, биоту или экологические ресурсы, с выделением определённой приоритетной области анализа (Руководство..., 2004).

**ИСИР** – интегрированная система информации о риске. Система содержащая данные о токсических и канцерогенных свойствах элементов и химических веществ. Адрес в Интернете: <http://www.epa.gov/iris/index.html>. (IRIS – Integrated Risk Information System).

**Использование природных ресурсов** – эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности (7-ФЗ, 2002).

**Канцероген** (Carcinogen) – вещество, способное вызвать раковое заболевание.

**Канцерогенез** – вещество или физический агент, способный вызвать возникновение и развитие злокачественных новообразований. Большинство канцерогенозов антропогенного происхождения.

**Канцерогенный потенциал (показатель канцерогенности, фактор наклона, фактор канцерогенного потенциала, SF)** – мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95 % доверительная граница наклона зависимости “доза-ответ” в нижней линейной части кривой. Единица измерения:  $1/(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день}))$  или  $(\text{мг}/\text{кг}\cdot\text{день})^{-1}$  (Руководство..., 2004).

**Канцерогенный риск** – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска (Руководство..., 2004).

**Канцерогенный эффект** – возникновение новообразований при воздействии факторов окружающей среды (Руководство..., 2004).

**Коэффициент опасности (HQ)** – отношение воздействующей дозы (или концентрации) химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия (Руководство..., 2004).

**Кумулятивный риск** – вероятность развития вредного эффекта в результате одновременного поступления в организм всеми возможными путями химических веществ, обладающих сходным механизмом действия (Руководство..., 2004).

**Максимальная терпимая доза** (Maximum tolerated dose) – наивысшая доза токсиканта, вызывающая токсические последствия, не приводя к смерти, при хроническом воздействии и не уменьшающая веса тела больше, чем на 10%.

**Маршрут воздействия** – путь химического вещества от источника его образования и поступления в окружающую среду до экспонируемого организма. Включает в себя источник загрязнения окружающей среды, первично загрязняемые среды, транспортирующие среды, непосредственно воздействующие на человека среды и все возможные пути поступления химического вещества в организм.

**Межвидовое обращение дозы** (Interspecies dose conversion) – процесс экстраполяции от доз для животных к эквивалентным дозам для людей.

**Мера последствия** (Endpoint) – измеряемая мера последствия в исследованиях токсичности.

**Место воздействия** (Exposure point) – место возможного контакта между организмом и химическим или физическим агентом.

**Наименьший уровень воздействия, при котором наблюдается вредный эффект (LOAEL)** – наименьшая доза (концентрация) химического вещества, при воздействии которой наблюдается вредный эффект (Руководство..., 2004).

**Неблагоприятное воздействие** (adverse effect) – изменение морфологии, физиологии, роста, развития или продолжительности жизни организма, имеющее результатом нарушение способности компенсировать дополнительный стресс, или повышение чувствительности к другим влияниям окружающей среды.

**Неблагоприятный (вредный) эффект** – изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, популяции или экологической системы, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный стресс, или в увеличении чувствительности к другим воздействиям факторов окружающей среды (Руководство..., 2004).

**Нет данных** (No data) – согласно инструкциям по Оценке канцерогенного риска Агентства по охране окружающей среды США это определение относится к веществам, по которым отсутствуют исследования, позволяющие сделать заключение о возникновении онкологических последствий для людей и животных.

**Нет доказательств канцерогенности** (No evidence of carcinogenicity) – согласно инструкциям по Оценке канцерогенного риска Агентства по охране окружающей среды США это ситуация, при которой не наблюдается увеличения частоты раковых заболеваний по крайней мере в двух хорошо спланированных и хорошо проведённых исследованиях на животных различных видов, причём при адекватной силе и дозе экспериментов.

**Низший уровень опасности** (Lowest observed adverse effect level) – в экспериментах по изучению связи доза-последствие, это низший уровень воздействия, при котором наблюдаются статистически или биологически значимые увеличения в частоте или тяжести вредных последствий при сравнении контрольной группы и группы животных, подвергшейся воздействию.

**Нормируемая доза** – НД (Regulatory dose – RgD) – ежедневное воздействие на людей, отражаемое в окончательном решении по управлению риском. Вполне возможно и уместно, что химикат с конкретной допустимой дозой нормируется в разных ситуациях через использование различных НД.

**Обобщённый риск** (Aggregated risk) – сумма отдельных возросших рисков отрицательного влияния на здоровье среди населения, подвергшегося воздействию.

**Общая доза** (Total dose) – Сумма доз, полученных по всем путям воздействия.

**Ограниченная достоверность** (Limited evidence) – согласно инструкциям по Оценке канцерогенного риска Агентства по охране окружающей среды США, ограниченная достоверность – это собрание фактов и принятых научных положений, которые позволяют предположить, что агент может быть причиной заболевания, но это предположение не достаточно надежно, чтобы считаться установленным фактором.

**Опасность** – присущее свойство или способность чего-либо (например, рабочих материалов, оборудования, методов и приемов работы) с потенциалом причинения вреда (ЕС, 1996).

**Опасность** (hazard) – свойство, присущее данному агенту или ситуации оказывать неблагоприятное влияние на что-либо. Отсюда: опасное вещество, опасный агент, опасный источник энергии или опасная ситуация, обладающие этим свойством

**Опасность** – совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определенных условиях воздействия (Руководство..., 2004).

**Острое воздействие** (Acute exposure) – Одна доза или несколько доз, полученных за короткое время, обычно менее, чем за 24 часа.

**Отнесённый риск** (Attributable risk) – разница между риском проявления определенного влияния в присутствии токсического вещества и риском в его отсутствии.

**Оценка риска** – определение вероятности причинения вреда, тяжести последствий путём выявления показателей, влияющих на безопасность, и их количественной оценки на основе эмпирических данных, накопленных в процессе научной деятельности.

**Оценка риска** (risk assessment) – процесс, имеющий целью рассчитать или оценить риск для данной системы в результате воздействия данного вещества с учётом характеристик, присущих как веществу, так и самой системе. Процесс включает четыре этапа: выявление опасности, оценку взаимосвязи доза – эффект, оценку экспозиции, вычисление риска.

**Оценка риска для здоровья** – процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Оценка сравнительной значимости рисков** – этап характеристики риска, предусматривающий определение сравнительной значимости выявленных опасностей и рассчитанных рисков для здоровья экспонируемой популяции. Включает также ранжирование опасных факторов, источников загрязнения окружающей среды, воздействующих сред, путей поступления химических веществ в организм, а также поражаемых органов/систем (Руководство..., 2004).

**Оценка экспозиции** (exposure assessment) – этап оценки риска, заключающийся в качественном и количественном анализе присутствия любого агента (включая его производные), который может присутствовать в данной среде, и суждение о возможных последствиях, которые он может иметь для данной популяции в конкретном случае.

**Популяционный риск** – агрегированная мера ожидаемой частоты вредных эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей (например, четыре случая заболевания раком в год в экспонируемой популяции) (Руководство..., 2004).

**Предельно допустимый риск** – верхняя граница приемлемого риска, превышение которой требует применения дополнительных мер по его снижению (Руководство..., 2004).

**Приемлемый риск** – уровень риска развития неблагоприятного эффекта, который не требует принятия дополнительных мер по его снижению, и оцениваемый как независимый, незначительный по

отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности и жизни населения (Руководство..., 2004).

**Профессиональный риск** – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (125-ФЗ, 1998).

**Распространение информации о риске (коммуникация о риске)** – элемент анализа риска, предусматривающий взаимный обмен информацией между специалистами по оценке риска, лицами, принимающими управленческие решения, средствами массовой информации, заинтересованными группами и широкой общественностью (Руководство..., 2004).

**Референтная доза/концентрация** – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учётом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения. Синонимы: допустимое суточное поступление (ADI), переносимое суточное поступление (TDI), руководящий уровень (GV), рекомендуемые показатели допустимого воздействия на здоровье (HA), прогнозируемый неэффективный уровень для человека (PNEC), уровень минимального риска (MRL), рекомендуемый уровень воздействия (REL) (Руководство..., 2004).

**Риск (risk)** – вероятность неблагоприятного влияния данного агента в данных обстоятельствах на организм, популяцию или экосистему.

**Риск** – вероятность того, что потенциал вреда будет достигнут при определённых условиях использования и/или экспозиции, а также возможный размер этого вреда (ЕС, 1996).

Риск представляет собой вероятность возникновения вредных эффектов для здоровья или жизни человека, группы людей или населения при наличии какой-либо опасности. Количественно риск выражается величинами от нуля до единицы. При риске равном нулю существует уверенность в том, что вред не будет нанесён, то есть вероятность вреда равна нулю, при риске равном единице вред будет нанесён, вне всякого сомнения.

**Риск** – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учётом тяжести этого вреда (ст. 2 Федерального закона Российской Федерации "О техническом регулировании" № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.).

**Риск для здоровья** – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания (Руководство..., 2004).

**Риск нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения** – вероятность негативных изменений состояния здоровья населения или состояния здоровья будущих поколений, а также нарушений благоприятных условий жизнедеятельности человека (включая ухудшение условий и качества жизни, возникновение дискомфортных состояний и др.), обусловленная воздействием факторов среды обитания. Данное понятие имеет комплексный характер и включает в себя не только собственно риск здоровью, но и другие виды рисков (например, снижения качества жизни; развития дискомфортных состояний, непосредственно не связанных с изменениями практического здоровья человека и т. д.) (Руководство..., 2004).

**Риск потенциальный** – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Выражается в процентах или долях единицы. Расчёт потенциального риска наиболее успешно может быть использован для медико-экологической оценки качества окружающей среды, в т. ч. и для перспективных целей. Принято выделять три типа потенциального риска:

- риск немедленных эффектов, проявляющихся непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях – острые отравления);

- риск длительного (хронического) воздействия, проявляющийся при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т. д.;
- риск специфического действия, проявляющийся в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических и других подобных эффектов.

**Риск радиационный** – вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения (НРБ-99).

**Риск реальный** – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанного с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, смерти и др. Обычно определяется при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях:

**Сравнительная оценка риска** – процесс сравнительной характеристики выраженности и значимости различных по своей природе и происхождению неблагоприятных эффектов (влияние на здоровье, условия и качество жизни, качество окружающей среды, сельскохозяйственное производство и т. д.), осуществляемый с целью установления приоритетов среди широкого круга проблем, связанных с окружающей средой. Обычно проводится на основе экспертных заключений и (или) сравнительного экономического анализа ущербов (Руководство..., 2004).

**Среднесуточная пожизненная доза/концентрация (LADD/LARC)** – потенциальная суточная доза/концентрация, усреднённая за весь период жизни человека. Период усреднения экспозиции для канцерогенов обычно принимается равным 70 годам (Руководство..., 2004).

**Среднесуточная доза/концентрация (ADD/ADC)** – потенциальная суточная доза/концентрация, усреднённая за период воздействия химического вещества. Период усреднения для хронических воздействий обычно принимается равным: для взрослых – 0 лет, для детей в возрасте до 6 лет – 6 лет (Руководство..., 2004).

**Сценарий воздействия** – описание специфических условий экспозиции; совокупность фактов, предположений и заключений о воздействии оцениваемого вредного фактора. Сценарий экспозиции может включать несколько маршрутов воздействия (Руководство..., 2004).

**Управление риском** (risk management) – процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков (Руководство..., 2004).

**Уровень воздействия, при котором не наблюдается вредный эффект (NOAEL)** – наивысшая доза, при которой не наблюдается вредного эффекта (аналогичен термину "максимальная недействующая доза/концентрация") (Руководство..., 2004).

**Уровень безопасности** – максимальный уровень в конкретном случае, основанный на степени риска, который рассматривается как приемлемый.

**Ущерб (вред) здоровью человека** – наблюдаемое или ожидаемое нарушение состояния здоровья человека или состояния здоровья будущих поколений, обусловленное воздействием факторов среды обитания. Ущерб характеризуется медико-социальной значимостью наблюдаемых или ожидаемых негативных последствий для жизни или здоровья человека и (или) будущих поколений, а также частотой случаев негативных последствий и их стоимостными оценками (Руководство..., 2004).

**Факторы риска** – факторы, провоцирующие или увеличивающие риск развития определённых заболеваний; некоторые факторы могут являться наследственными или приобретёнными, но в любом случае их влияние проявляется при определённом воздействии (Руководство..., 2004).

**Характеристика риска** – завершающий этап оценки риска, на котором синтезируются данные, полученные на предшествующих этапах исследований, проводится расчёт и ранжирование рисков, источников их образования, воздействующих сред и путей поступления химических веществ в организм, а также анализ всех неопределённостей для обоснования выводов и рекомендаций, необходимых для управления риском (Руководство..., 2004).

**Экологический риск** – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной или иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера (ст. 1 Федерального закона “Об охране окружающей среды” № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.).

**Экспозиция (уровень воздействия)** – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом (Руководство..., 2004).

## **Литература**

1. *Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В.* Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.
2. *Ваганов П. А.* Ядерный риск: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. – 112 с.
3. *Ваганов П.А., Ман-Сунг Им.* Экологические риски: Учеб. пособие. Изд-е 2-е. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. – 152 с.
4. *Киселев А.В.* Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга. – СПб.: Медицинская академия последипломного образования, 2001. – 36 с.
5. *Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
6. *Пономарева О.В., Авалиани С.Л., Гильденскиольд С.Р.* Оценка риска для здоровья населения от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха в г. Клин Московской области (рабочий доклад) // Окружающая среда. Оценка риска для здоровья населения. Опыт применения методологии оценки риска в России. – Вып. I. – М.: 1997. – С. 6–39.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Руководство Р 2.1.10.1920 – 04). – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
8. Управление риском для здоровья в регионе и финансирование природоохранных проектов (на примере Великого Новгорода) / С.Л. Авалиани, Д.А. Шапошников, В.А. Савин, А.А. Голуб и др. – Москва: 1999. – 57 с.
9. *Harry M. Freeman.* Industrial Pollution Prevention Handbook. McGraw-Hill, 1995.
10. U.S. Environmental Protection Agency: Risk assessment Guidance for Superfund, 1989.
11. U.S. EPA: Superfund Exposure Assessment manual. OERR, EPA/540/1-88/001, OSWER Directive 9285.5-1, 1988.
12. U.S. EPA: Superfund Public Health Evaluation manual. EPA/540/1-868/06001, OSWER Directive 9285.4-1, 1986.

**Архе** (греч. - начало) - термин древнегреческой философии, используемый для обозначения первопричинного обоснования всего сущего. Смысловое содержание понятия “архе” двойственно: с одной стороны архе - есть “начало”, отправная точка мирового процесса, т.е. то, из чего все происходит; с другой стороны архе означает “власть”, господство, т.е. является некоей разумно - созидательной, “начальствующей” инстанцией, благодаря которой все происходящее обретает смысл и назначение.

**Архетип** - термин, производный от “архе” и означающий: первообраз, основополагающая структура, исходная модель, т.е. устойчивая, универсальная онтогносеологическая система мировидения, в единстве которой многообразие сущего находит свое место, сущностное измерение и функциональное определение.

**Абсолют** (лат. Absolutus - законченный) - религиозно - философский термин, используемый для обозначения безусловной, самобытной, честной и беспредпосылочной реальности, являющейся основанием, истоком и предпосылкой сущего во всех его возможных измерениях.

**Атман** (скр. *Atman* - дух, дыхание) - ключевое понятие умозрительной философии индуизма, означающее некое всеобъемлющее духовно - жизненное начало, существующее одновременно и в измерении вселенского самосознающего "я" (бытие Атмана в себе), и в измерении всего сущего, наделённого жизнью и сознанием (присутствие Атмана в другом).

**Брахман** (скр. *Brahman* - первоначало, священная сила) - понятие индийской философии, содержательно родственному понятию "Атман", но не тождественное ему: в Атмане преобладает его присутственное бытие в мире, в то время как Брахман - есть Абсолют, Бытие как таковое, онтологически и трансцендентное, и имманентное миру вещественного многообразия.

**Гностицизм** (греч. - знание) – синкретическое мировоззренческое направление мысли эпохи позднего эллинизма (I - III вв. до н.э.), в котором эллинская рациональность и восточная религиозность при соприкосновении и взаимодействии утрачивают свою духовную самобытность, трансформируясь в концептуальный формат мировидения и мироотношения, в своей специфике невыводимой ни из европейской (эллинской), ни из восточной духовной традиции.

**Герметизм** - религиозно - философское учение поздней античности, которое его последователями приписывается египетскому богу Титу (= греческий Гермес). В этом учении ближневосточная монотеистическая религиозность с её мифологемой божественного откровения органически сливается с эллинской традицией философского монотеизма (прежде всего с платонизмом), порождая феномен синкретичного западно - восточного (надэтнического) мировоззрения.

**Глобализация** - социокультурный и историософский термин, используемый для обозначения процесса изменения всех сторон общественной и духовной жизни современного человечества в контексте общемировой тенденции к взаимной зависимости, открытости и сближения региональных цивилизационных идентичностей; перспектива глобализации проблематична и зависит от того, будут ли доминировать в глобализующемся мире геополитические интересы или общечеловеческие духовные ценности.

**Дискурс** (лат. - *discursus* - движение, изложение, выражение мысли) - словесно артикулированная форма объективации содержания сознания в его логической последовательности, смысловой определенности и непротиворечивости; дискурс - рационально - мыслительный путь к сути вещей, альтернативный непосредственному, индивидуально - мистическому созерцанию истины.

**Дао** - понятие древнекитайской философии, обозначающее вечное, неизменное, беспредпосылочное и совершенное первопричинное основание ("корень", "мать") всех вещей, присутствующее одновременно в чувственновоспринимаемом мире в качестве "пути" просветления, нравственного послушания и совершенствования.

**Евроцентризм** - аналитическая и оценочная установка концепций общественно - политического и культурного развития, которая отстаивает и теоретически обосновывает преобладающую и господствующую роль Запада (сравнительно с Востоком) в мировом цивилизационном процессе рассматривает европейскую модель культурогенеза в качестве нормативного образца общечеловеческого прогресса.

**Идентичность** (лат - *identidem* - постоянство, устойчивость) - термин, используемый во всех дисциплинарных исследованиях для обозначения любого предмета или процесса в его смысловом равенстве (тождестве) самому себе при всей его периферийной изменчивости, не нарушающей и не упраздняющей бытийной самобытности; в этом смысле понятие идентичности однородно с понятием индивидуальности, означающим целостную неделимость, самобытную неповторимость единичного человеческого существа.

**Компаративистика** (лат. - *komparatio* - сравнение) - методологическое направление современной философии, предмет которого - сравнительный анализ философских систем, традиций и направлений, выявление интеркультурных коммуникативных оснований философского диалога разнородных культур с целью раскрытия механизма взаимодействия универсального и уникального (партикулярного) в мировом историко - философском процессе.

**Логос** (греч. - слово, речь, основание) - понятие древнегреческой философии, обозначающее высшую нормативно - законодательную инстанцию, разумное первопричинное основание всего сущего (в том числе и мир богов), прибывающее в своей извечной и неизменной самотождественности и в то же время излучающее свет нормирующей разумности на мир стихийного вещественного естества.



**Метафизика** (греч. - metataphysika - то, что после физики) - философское учение о сверхчувственных и сверхопытных (трансцендентных) принципах и первопричинных основаниях бытия, по своим целевым установкам и эпистемологическим притязаниям альтернативное натурфилософии (философии природы), предмет осмысления которой - чувственно воспринимаемый мир. Термин был введен в оборот перипатетиком Андроником Родосским (1в. до н.э.) для обозначения "первой философии" (учения о "первых родах сущего") Аристотеля.

**Мультикультурализм** (лат - multus - многочисленный; cultura - возделывание, т.е. культура) - современное культурологическое понятие, означающее не столько факт сосуществования многообразия региональных культур, сколько проект актуализации и реализации горизонтальных (ризоматических) межкультурных взаимодействий, в результате которых разнородные культуры сближаются на основе объединяющих их общечеловеческих ценностей, сохраняя при этом свои этнокультурные идентичности. Мультикультурализм - это единство культурного многообразия.

**"Осевое время"** - историософское понятие, введенное К.Ясперсом для обозначения всемирнозначимой исторической эпохи (эпицентр - середина 1 - го тысячелетия до н.э.), когда, несмотря на региональное своеобразие цивилизационных процессов, формируются родственные духовно - мировоззренческие архетипы Востока и Запада, как основание и предпосылка диалога, взаимопонимания и взаимодействия **внеположных** социо - культурных традиций.

**Синкретизм** - (греч. - synkretismos - соединение) - культурологическое понятие, обозначающее процесс встречи, коммуникации, взаимодействия и объединения (синтеза) различных и внеположных друг другу этнокультурных традиций Востока и Запада, трансформирующихся в универсальную систему миропонимания и мироотношения надэтнического (общечеловеческого) формата.

**Транскультурация** - понятие современной культурологической мысли, отражающее и фиксирующее процесс взаимовлияния и взаимопроникновения разнородных культур, активизировавшийся (процесс) в эпоху глобализации вследствие развития и совершенства коммуникативных технологий и расширения возможностей и мотивов массовой этнической миграции.

**Парадигма** - (греч. - образец) - восходящее к античности понятие, в своем употреблении имеющее бинарное смысловое измерение: онтологическое, когда парадигма рассматривается в качестве неизменного метафизического образца (идея) для изменчивых (несовершенных) вещей материального мира, и гносео - методологическое, когда парадигма понимается как концептуальная модель постановки проблем и их решений в русле последовательских задач.

**Ориентализм** (лат. orientalis - восточный) - альтернативное европоцентризму направление историофилософской и культурологической мысли, в своём происхождении восходящее к идеологии позднего эллинизма "свет с Востока", теоретически и фактологически обосновывающее преобладание и доминирование восточных духовных ценностей в мировом культурно- историческом процессе.

**Философская вера** - понятие, введенное в оборот К.Ясперсом, означающее тип мировоззрения и мироотношения, в котором вера, свободная от какого - либо религиозного культа, и философия, свободная от концептуально - догматических притязаний, объединяются в мысляще - веровательное (экзистенциальное) переживание трансцендентности.

## **Коллекция ссылок на Интернет-ресурсы по темам**

<http://www.epa.gov/iris/index.html>

[http://www.logosoft.ru/prog/eco\\_atm\\_about.htm](http://www.logosoft.ru/prog/eco_atm_about.htm)

<http://infopravo.by.ru/>

<http://www.epa.gov/iris/index.html>

<http://www.epa.gov/ncea/bmds.htm>

<http://www.epa.gov.us>

## Описание балльно-рейтинговой системы

**Форма оценки знаний:** балльно-рейтинговая система

**Форма контроля:**

– *промежуточный* – опрос на семинарах; 4 контрольные работы по предыдущим семинарам;

– *итоговый* – зачёт; экзамен.

**Рейтинговая система оценки знаний студентов по курсу:**

Работа в семестре

Максимальное число баллов, набранных в семестре – **100**

Вид задания	Число заданий	Кол-во баллов	Сумма баллов
1. Посещение лекций	16	2	<b>32</b>
2. Лабораторные работы			
3. Практические занятия	12	1	<b>12</b>
4. Домашние задания			
5. Контрольные работы	4	5	<b>20</b>
6. Рубежная аттестация	1	20	<b>20</b>
7. Работа на семинаре	2	3	<b>6</b>
8. Реферат	1	10	<b>10</b>
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>
<b>Тест (экзамен)</b>	1	15	<b>15</b>

Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы (БРС) оценок текущей успеваемости) в соответствии с Приказом Ректора №996 от 27.12.2006 г.:

Баллы БРС	Баллы традиционной оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
100	5	95	5 +	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F

51-100	Зачет		Зачет	Passed

Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Работы, предоставленные с опозданием, не оцениваются! Коллоквиумы (контрольные работы) не переписываются! Студенты, получившие в течение семестра, оценку 3 или 4 (зачет) и желающие повысить свою оценку, допускаются к экзамену (итоговая аттестация). Экзаменационная работа оценивается из 25 баллов независимо от оценки, полученной в семестре. Оценка <11 баллов (<3), полученная при итоговой аттестации является неудовлетворительной.

Студенты, набравшие <51 баллов в течение семестра не допускаются к итоговой аттестации.

## **Программа курса:**

### **Описание курса и программа**

*Программа курса:* **Современные методы оценки рисков в экологии**

#### **Цель курса**

Формирование представления о техногенных системах, создаваемых ими опасностях и рисках для здоровья человека и экологических систем.

Для реализации поставленной цели необходимо: учитывать особенности различных техногенных систем, владеть методами оценки риска, создаваемого в условиях нормальной эксплуатации и риска аварий, оценивать ущерб здоровью, создаваемый загрязнением окружающей среды и величину риска.

#### **Содержание курса**

##### **Тема 1. Безопасность и риск**

Основные определения, понятия и термины в оценке экологического риска. Классификация рисков. Уровни риска, обусловленные разными опасностями. Уровни индивидуального риска. Профессиональный риск. Концепция и критерии приемлемости риска. Экономические факторы. Социальные факторы. Психологические факторы. Терроризм и военные конфликты как источники социального риска. Положения теории вероятностей, используемые при оценке рисков: понятие случайного события и вероятности, теоремы сложения вероятностей, теорема умножения вероятностей, формула полной вероятности, теорема Байеса. Количественные оценки рисков.

#### **Литература**

##### **Основная**

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

*Касьяненко А.А.* Техногенные системы и экологический риск: Учебное пособие. Часть I – М.: РУДН, 2001. – 93 с.

*Касьяненко А.А., Кулиева Г.А., Михайличенко К.Ю.* . Техногенные системы и экологический риск – безопасность и риск: учебное пособие. – М., РУДН, 2006. – 80 с

*Ваганов П.А., Ман-Сунг Им.* Экологические риски: Учеб. пособие. Изд-е 2-е. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. – 152 с.

##### **Дополнительная**

*Башкиров А.А., Писаренко С.С., Лукина Е.В., Родионова О.М.* Словарь-справочник экологических терминов, определений, понятий. – Калуга, Издательство КГПУ им. К.Э Циолковского, 2005. – 145 с.

Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Том 1 / Под рук. академика РАН К. Ф. Фролова. – М.: МГФ Знание, 1998.

*Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч. Лосев К.С.* Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 332 с.

*Измалков В.И., Измалков А.В.* Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – С-Пб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.

*Измеров Н., Денисов Э.* Профессиональный риск и медицина труда. //В кн. Профессиональный риск. Справочник. – М.: Социздат, 2001. – С. 5-38.

*Ковалёв Е.Е.* Радиационный риск на земле и в космосе. – М., Атомиздат, 1976. – 256 с.

*Миронюк С.Г.* Опыт создания системной классификации экологического риска. //В кн. Экологический риск: анализ, оценка, прогноз. Материалы всероссийской конференции. – Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 1998. – С. 7.

Профессиональный риск. Справочник / Под. ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. – М.: Социздат, 2001. – 267 с.

Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 79 с.

*Серов Г.П.* Экологическая безопасность населения и территорий Российской Федерации. Учебное пособие. - М.: Анкил, 1998.

*Серов Г.П.* Правовое регулирование экологической безопасности при осуществлении промышленной и иных видов деятельности. – М.: Ось-89, 1998.

*Чухин С.Г.* Социально-экономические критерии приемлемости радиационного риска новых радиационных технологий. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

Экологический словарь / Авторы составители: С. Делятицкий, И. Зайонц, Л. Чертков, В. Экзарьян. – Москва, Конкорд ЛТД – Экопром, 1993. – 202 с.

## **Тема 2. Техногенные системы как источники опасности**

Опасность и источники опасности в сфере природопользования и экологии. Технические и техногенные системы. Техногенные аварии и катастрофы. Медленные техногенные воздействия. Источники экологической опасности. Критерий оценки техногенного риска. Идентификация источника загрязнения. Материальный и энергетический баланс процесса (установки, производства). Оценка частоты аварий. Анализ опасности (риска) аварии технического устройства. Дерево отказов. Дерево событий. Вычисление риска для населения, создаваемого аварией технической системы (устройства).

### **Литература**

#### **Основная**

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

### ***Дополнительная***

*Браун Дэвид Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности. – М.: Машиностроение, 1979. – 359 с.*

*Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 544 с.*

*Быховский А.В., Ларичев А.В., Чистов Е.Д. Вопросы защиты от ионизирующих излучений в радиационной химии. – М.: Атомиздат, 1970. – 279 с.*

*Ваганов П. А. Ядерный риск: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. – 112 с.*

#### [Валов, Г. М.](#)

*Алгебраические структуры и булева алгебра: уч. пособие для студентов инж.-техн. спец. / Г.М.Валов, И.В. Землякова. – Кострома, 2000. – 18 с.*

*Владимир Соколов. Судьба Арала. (Фото В. Крохина). Литературная газета, № 47. 18 ноября 1987 г.*

*Голубев В.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 426 с.*

*Денисенко Г.Ф. Охрана труда. – М, Высшая школа, 1985.*

*Дураков Ю.А. Эти разнополярные человеческие факторы //Inventors, 2005.*

[www.sateclibrary.ru](http://www.sateclibrary.ru)

*Емельянов И.Я., Клемин А.И., Поляков Е.Ф. Методы оценки надежности ядерных реакторных установок // Атомная энергия, 1974, т. 37, вып. 5. – С. 408-416.*

#### [Ерош И. Л.](#)

*Дискретная математика. Булева алгебра, комбинационные схемы, преобразования двоичных последовательностей: уч. пособие / И.Л. Ерош. – СПб., 2001. – 29 с.*

*Захарченко М.П. и др., Гигиеническая диагностика в экстремальных условиях. – СПб., 1995. – 222 с.*

*Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – С-Пб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.*

*Изучение причин и последствий радиационной аварии на мощной гамма установке / Е.Д. Чистов, О.Ф. Парталин, В.Н. Рахманов и др. // Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. 1975. –Вып. 94. – С. 12-15.*

*Касьяненко А.А. и др., А.С. СССР № 52324, 1970.*

*Касьяненко А.А. Теоретические основы построения и способы технической реализации частотно-импульсных устройств с Пуассоновским распределением информационных потоков. Дисс. докт .техн .наук. – Москва-Таганрог, РУДН, 1991. – 334 с.*

#### [Коледов Л. В.](#)

*Минимизация булевых функций: уч. пособие / Л. В. Коледов, В. В. Ларченко, Н. Т. Мишняков. – Ростов н/Д, 2000. – 37 с.*

*Ларичев А.В., Чистов Е.Д.* Безопасность в радиационной технологии. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с.

*Либерман А.Н.* Техногенная безопасность: человеческий фактор. – СПб., Изд-во "ВИС", 2006. – 104 с.

Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. МУ РД 01-418-01. – М., Госгортехнадзор России, 2001.

О радиационной безопасности населения. Федеральный закон № 3-ФЗ от 9 января 1996 г.

Об использовании атомной энергии. Федеральный закон № 170-ФЗ от 21 ноября 1995 г. (с изменениями от 10 февраля 1997 г.)

Основы инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.

Оценка безопасности мощных радиационных установок (сообщение 2) / С.В. Малютин, Е.Д. Чистов, И.Ф. Спрыгаев и др. // Безопасность труда. – М.: Профиздат, 1978. – С. 33-40.

*Пархоменко Г.М., Копаев В.В., Мусаткова А.Н.* Организация трудовых процессов при работе с радиоактивными веществами. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 104 с.

*Петросов Э.Г., Анохин А.Н.* Анализ надежности работы операторов Билибинской АЭС при ликвидации аварийных ситуаций. 1998.

Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса, критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006–05,. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека., Москва, 2005. – 142 с.

Руководство по радиационной защите для инженеров: Сокр. пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1972. – Т.1. – 421 с.

*Савельев П.С.* Пожары- катастрофы. – М., 2003. – 426 с.

*Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме: Пер. с англ. – М., 1960.

*Селье Г.* Стресс без дистресса: Пер. с англ. – М., 1982.

[\*Фридлендер, Б. И.\*](#)

Элементы булевой алгебры: уч. пособие / Б. И. Фридлендер, Р. А. Хаиров. – М.: МТУСИ, 2005 (М.). – 39 с.

*Хенли Э.Дж., Кумамото Х.* Надежность технических систем и оценка риска. /Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.

*Череватенко Г.А., Чистов Е.Д., Кодюков В.М.* Радионуклидные источники в радиационной технике. – М.Ж Энергоатомиздат, 1989. – 286 с.

Чистов Е.Д. Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации мощных радиационных установок / Атомная энергия, 1976, Т. 41, Вып. 4. – С. 260-263.

*Чистов Е.Д., Спрыгаев И.Ф., Коренков И.П. и др.* Оценка аварийных доз на мощных гамма-установках // Атомная энергия, 1970, т. 30, вып. 5. – С. 460-462.

[\*Шевелев Ю. П.\*](#)

Высшая математика: Дискретная математика: Ч. 1: Теория множеств. Булева алгебра (для автоматизированной технологии обучения) / Ю. П. Шевелев. – Томск, 2000. – 114 с

Р. Эбель. Настоящая опасность – ошибка человека // La Stampa / 6 January 2005.

*Fussel J.* Fault Tree Analysis – Concept and Techniques. – In: Generic Techniques in Reliability Assessment, Henly E., Lynn J. (eds.).– Norfolk Publishing Co. – Leyden, Holland, 1976.

*Letayf J., Gonsalez C.* Seguridad, higiene y control ambiental. – Mexico, Mc. Graw Hill, 1994.

### **Тема 3. Критерии оценки благополучия и состояния здоровья населения**

Качество жизни человека. Критерии оценки здоровья населения. Демографические показатели здоровья. Показатели заболеваемости. Расчет показателей заболеваемости населения. Расчет показателей заболеваемости взрослого населения. Расчет показателей заболеваемости детского населения. Расчет показателей физического развития. Расчет показателей смертности. Источники информации о состоянии здоровья населения. Изучение заболеваемости населения в связи с загрязнением окружающей среды. Особенности и основы изучения заболеваемости населения. Методы изучения заболеваемости населения. Социально-гигиенический мониторинг. Математические основы установления причинных связей между воздействием вредных факторов и здоровьем населения. Влияние факторов окружающей среды на распространенность некоторых болезней: оценка связи заболеваемости с химическим загрязнением, связи онкозаболеваемости (смертности) с радиационным воздействием, связи заболеваемости с воздействием нерадиационных излучений, связи заболеваемости от воздействия шума, воздействие стойких токсичных соединений. Показатели состояния здоровья населения России, абсолютные значения и их сравнение с данными по другим странам. Критерии ухудшения здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды в соответствии с руководством.

#### ***Литература***

##### ***Основная***

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

Касьяненко А.А., Торбек В.Э. Оценка благополучия и здоровья населения: Учебное пособие по курсу "Техногенные системы и экологический риск", Часть III. – М., РУДН, 2006. – 184 с

##### ***Дополнительная***

*Антоненко Т.Н., Друзь Р.А., Руфф С.В.* Окружающая среда и здоровье //В кн. "Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты". В 2-х томах / Под ред. Исаева Л.К. Том. 1. – М.: ПАИМС, 1997. – 512 с.

*Биглхол Р., Бонита Р., Кьельстрем Т.* Основы эпидемиологии. – Женева, ВОЗ. 1994.

- Боев В.М., Быстрых В.В.* Атмосферные загрязнения и антропометрические показатели новорожденных Оренбурга // Гиг. и сан. – 1995, № 1. – С. 3-4.
- Бражкин А.В.* Гигиеническая оценка состояния здоровья детей в районах размещения нефтеперерабатывающих предприятий и обоснование региональной допустимой нагрузки химических факторов среды // Автореф. дисс. к.м.н. – Л., 1990. – 27 с.
- Винокур И.Л., Гильденскиольд Р.С., Ершова Т.Н.* и др. Методические подходы к изучению комплекса факторов окружающей среды на здоровье человека // Гиг. и сан. – 1996, № 5. – С. 4-7.
- Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2-х томах / Под ред. Исаева Л.К. Том. 1. – М.: ПАИМС, 1997. – 512 с; Том. 2. – М.: ПАИМС, 1997. – 496 с.
- Воскресенская Е.Г.*, Состояние здоровья беременных женщин и детей первого года жизни как гигиенический критерий оценки уровня аэрогенной химической нагрузки // Автореф. дисс.к.м.н. – Нижний Новгород, 1992.
- Далин М.В., Артамонова В.Г., Шляхецкий Н.С.*, Эпидемиологический надзор за заболеваемостью бронхиальной астмой в регионах расположения крупнотоннажных производств микробного белка // Медико-биологические аспекты охраны окружающей среды при производстве бактериальных препаратов. – М.: 1989.
- Демографический энциклопедический словарь / Гл. ред. Валентей Д.И. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 608 с.
- Доценко А.А.* Эколого-гигиеническая концепция питания и здоровье населения // Гиг. и сан. – 1990, – № 7. – С. 13-18.
- Дмитриев Д.А.* Изучение влияния атмосферного воздуха на состояние системы внешнего дыхания у детей // Гиг. и сан. – 1994, № 7. – С. 7-9.
- Дударев А.Я., Воронин В.А., Кравченко Г.Ф.* и др. Влияние химических факторов атмосферы населенных мест на заболеваемость детей как составная часть экологической проблемы / В кн. "Реализация и пути повышения эффективности медико-географических исследований". – Л., 1991.
- Зайцева Н.В., Михайлов А.В., Тырыкина Т.И., Шур П.З., Май И.В.* Методические вопросы изучения воздействия водной химической нагрузки на население в условиях комплексного загрязнения окружающей среды (на примере водоснабжения из рек Камы и Чусовой) // Экономические проблемы Волги. – Саратов, 1989. – С. 35-35.
- Засорин Б.В., Молдашев Ж.А., Каримов Т.К., Мамырбаев А.А., Сабырахметова В.М.* Связь аллергии населения с загрязнением объектов окружающей среды тяжелыми металлами (на примере шестивалентного хрома) // Гиг. и сан. – 1994, – № 7. – С. 41-43.
- Захарченко М.П.* и др., Гигиеническая диагностика в экстремальных условиях. – СПб., 1995. – 222 с.



Здоровье населения и окружающая среда: Методическое пособие / Под общей редакцией д.м.н., проф. Е.Н. Беляева. – Вып.3. – Т. 1. – Ч.2. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 544 с.

Здоровье населения и окружающая среда: Методическое пособие / Под общей редакцией д.м.н., проф. Е.Н. Беляева. – Вып.3. – Т.1. – Ч. 3. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 384с.

*Измеров Н., Денисов Э.* Профессиональный риск и медицина труда. //В кн. Профессиональный риск. Справочник. – М.: Социздат, 2001. – С. 5-38.

*Касьяненко А.А., Журавлева Е.А., Платонов А.Г., Петин В.Г.* Системный подход к анализу синергизма при действии вредных факторов окружающей среды как база для оценки риска для здоровья населения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: РУДН, 2001, № 5. – Стр. 94 – 101.

*Лисицин Ю.П., Сахно А.В.* Здоровье человека – социальная ценность. – М.: Мысль, 1989.

*Майорова О.А., Касьяненко А.А.* Риск для здоровья от загрязнения окружающей среды бериллием / Актуальные проблемы экологии и природопользования (выпуск 4): Сб. научн. трудов / Отв. ред. А.А. Касьяненко. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 123-128.

*Майорова О.А., Гинзбург Л.Н., Касьяненко А.А.* Определение риска заболевания детей г. Москвы от загрязнения атмосферного воздуха бериллием // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: РУДН, 2001, № 5. Стр. 116-121.

*Музалевская Л.С., Лобковский А.Г., Кукарина Н.И.* Заболеваемость желчно-каменной, почечнокаменной болезнью, остеоартрозами и солевыми артропатиями в зависимости от жесткости питьевой воды // Гиг. и сан. – 1993, № 12. – С. 17-20.

*Нестеренко З.В., Левашова Н.М.* Острые бронхиты у детей и загрязнений атмосферы // I Всес. конгресс по болезням органов дыхания. – Киев, 1990. – 1000 с.

Окружающая среда и здоровье: Международное согласие по избранным концепциям. - ЕРБ ВОЗ, 2000.

О прожиточном минимуме в Российской Федерации. Федеральный закон от 1997, № 43.

О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.99 № 52-ФЗ //РГ 06.04.99.

*Пономарева О.В., Авалиани С.Л., Гильденскиольд С.Р.* Оценка риска для здоровья населения от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха в г. Клин Московской области (рабочий доклад) // Окружающая среда. Оценка риска для здоровья населения. Опыт применения методологии оценки риска в России. – Вып. I. – М., 1997. – С. 6-39.

*Прохоров Б.Б.* Экология человека. – М.: Издательский центр “Академия”, 2003. – 320 с.

*Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учебное пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 264 с.

Российский статистический ежегодник: Статистический сборник. – М.: Госкомстат России, 2000. – 642 с.

*Серов Г.П.* Экологическая безопасность населения и территорий Российской Федерации. Учебное пособие. - М.: Анкил, 1998.

*Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н.* Роль социально-гигиенических факторов в развитии заболеваний среди населения // Гиг. и сан. – 1997, – № 1. – С. 3-6.

Социальная сфера России: Статистический сборник. – М.: Госкомстат РФ, 1996. – 275 с.

Социальное положение и уровень жизни населения России. 2005: Стат. Сб. – М., Росстат., 2005. – 525 с.

Социально-экологические проблемы регионов России: Учебное пособие для системы профессиональной переподготовки и повышения квалификации госслужащих, руководителей и специалистов промышленных предприятий и организаций / Под общ. ред. профессора А. Т. Никитина, профессора МНЭПУ С. Степанова. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 441 с.

Уровень жизни населения России: Статистический сборник. – М.: Госкомстат РФ, 1996. – 206 с.

*Худолей В.* Канцерогены: характеристика, закономерности, механизмы действия. – С-Пб.: 1999. – 419 с.

Human Development Report. – New York, UNDP, 2004. – 285 p.

#### **Тема 4. Показатели качества окружающей среды**

Требования к качеству окружающей среды. Пороговая и беспороговая концепции воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения. Критерии оценки качества, применяемые в России: ПДК, ПДУ, ПДВ, ОБУВ, ЛД<sub>50</sub> и в США: LOAEL, NOAEL, ADI, MRL, Rfd, Rfc, Sf и др. Оценка токсичности. Зависимости "доза-эффект" для человека. Накопление токсикантов в организмах (биоаккумуляция). Качество воздуха как жизненного ресурса. Требования к качеству воды. Требования к качеству почв. Требования к уровням ионизирующих и неионизирующих излучений. Требования к качеству пищи. Требования к качеству промышленных товаров. Требования к качеству жилища. Требования к ландшафтам. Критерии нормы для экосистемы.

#### ***Литература***

##### ***Основная***

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

##### ***Дополнительная***

*Голдовская Л.Ф.,* Химия окружающей среды: Учебник для вузов. – М.: Мир, 2005. – 296с.

*Касьяненко А.А.* Контроль качества окружающей среды: Учебное пособие. – М.: РУДН, 1992. – 136 с.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: 1992. – 68с.

А.С. Орлов Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим., хим. технол. и биолог. спец. вузов / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002. – 234 с.

*Трофимова Т.А.* Прикладная экология: Учебное пособие для вузов / Т.А. Трофимова, Н.В. Селиванов, Н.В. Мищенко. – М.: Академический Проект Традиция, 2005. – 384 с.

ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест"

*Афанасьев Ю.А.* Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях, часть 1-я / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. – М.: МНЭПУ, 1998. – 208 с.

*Бажин Н.М.* Кислотные дожди / в кн. Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 205-214.

*Берлянд М.Е.* Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: 1985.

*Букс И.И.* Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Учебное пособие. Книга 1 / И.И. Букс, С.А. Фомин – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 128 с.

Воздух. Контроль загрязнений АО международным стандартам. Справочник / Под ред. С.А. Подлепы. – М.: Протектор, 1994. – 228 с.

*Китано Х.* Контроль окружающей среды и количественные измерения, проблема качества воды. – Кэйрё Канри, 1980. Т. 29, № 3. – с. 119-123.

*Королёв В.А.* / в кн. Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 60-70.

Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

Методика расчёта нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для групп источников. МРН-87 (в редакции 1995 г.).

Методика расчета нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для групп источников. МРН-87. – М., Госкомгидромет, Институт прикладной геофизики, 1987.

*Муравьев А.Г.* Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса: Учебно-методическое пособие. Изд 2-е дополн., расширенное. – СПб.: Крисмас, 2000. –128 с.

*Рамад Ф.* Основы прикладной экологии. – 1981.

Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера эколога / Под ред. профессора А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, изд. Дом "Прибой", 1996. –350 с.

Охрана природы: Справочник / Митрошкин К.Г., Берлянд М.Е., Беличенко Ю.П. и др. 2-е изд., перераб. – М., 1987.

Программный

комплекс

“Эра-Воздух”.

[http://www.logosoft.ru/prog/eco\\_atm\\_about.htm](http://www.logosoft.ru/prog/eco_atm_about.htm).

*Пурмаль А.П.* Антропогенная токсикация планеты. Часть I / в кн. Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 185-196.

*Пурмаль А.П.* Антропогенная токсикация планеты. Часть 2 / в кн. Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – С. 196-205.

*Сармурзина А.Г.* Органические соединения в окружающей среде: Экологический аспект. Учебное пособие / А.Г. Сармурзина, Г.Р. Ушурова, Р.К. Ашкеева, З.С. Биримжанова, 2004.

*Скурлатов Ю.И.* Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А. Мизити. – М.: Высшая школа, 1994.

*Такеуи Н.*, Дистанционное обследование состояния загрязнения атмосферы: Пер. с яп., Р-44349). – Канкё даёхо Кагаку, т. 13, № 4, 1984. – С.29-38.

Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды / Под ред. Н.Ф. Ровинского. – М., 1986.

Человек и среда его обитания: Хрестоматия / Под редакцией Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003. – 460 с.

*Шадрин А.С.*, Современные методы и приборы контроля загрязнения атмосферного воздуха. – Обнинск, 1978.

Экологический словарь / Авторы составители: С. Делятицкий, И. Зайонц, Л. Чертков, В. Экзарьян. – Москва, Конкорд ЛТД – Экопром, 1993. – 202 с.

Medio ambiente en España. – Madrid, МОРТ, 1992.

Programa de las actividades en seguridad del medio ambiente para la Europa Central y Este. OECD and World Bank, 1995.

### **Тема 5. Методика оценки опасностей, создаваемых химическим загрязнением, используемая в России**

Оценка опасностей загрязнения атмосферного воздуха. Оценка опасностей загрязнения воды и источников водоснабжения. Оценка опасностей загрязнения почв. Оценка опасностей загрязнения продуктов питания.

#### **Литература**

##### **Основная**

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: 1992. – 68с.

##### **Дополнительная**

*Берлянд М.Е.* Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы, – Л., 1985.

*Гильденскиольд Р.С., Королев А.А., Суворов Г.А. и др.,* Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения: Методические рекомендации. – М., 1996. – 41 с.

*Зайцева Н.В., Михайлов А.В., Тырыкина Т.И., Шур П.З., Май И.В.* Методические вопросы изучения воздействия водной химической нагрузки на население в условиях комплексного загрязнения окружающей среды (на примере водоснабжения из рек Камы и Чусовой) // Экономические проблемы Волги. – Саратов, 1989. – С. 35-35.

*Измалков В.И., Измалков А.В.* Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – С-Пб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.

*Красовский Г.Н., Егорова Н.А.* Методология выбора оценочных показателей для гигиенического мониторинга водных объектов // Гиг. и сан. – 1994, – № 6. – С. 5-9.

Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. МУ РД 01-418-01. – М., Госгортехнадзор России, 2001.

*Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учебное пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 264 с.

*Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н.* Роль социально-гигиенических факторов в развитии заболеваний среди населения // Гиг. и сан. – 1997, – № 1. – С. 3-6.

*Троянская А.Ф., Моисеева Д.П., Минина В.П. и др.,* Использование суммарных показателей для оценки хлорорганических соединений в питьевой воде // Гиг. и сан. – 1993, № 12. – С. 12-14.

## **Тема 6. Методика количественной оценки опасностей и риска для здоровья населения американского агентства по охране окружающей среды**

Определение и измерение риска. Цели и методология определения риска. Оценка риска. Идентификация опасностей. Выбор наиболее опасных токсикантов. Оценка воздействия. Природные пути миграции токсикантов. Потенциально подверженное воздействию население. Расчет количества токсиканта, попадающего в организм человека в точке воздействия. Вычисление риска раковых заболеваний. Вычисление неканцерогенной опасности. Сравнение неканцерогенной опасности от химических загрязнений, вычисленной по методике агентства по охране окружающей среды и с использованием ПДК.

### ***Литература***

#### ***Основная***

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

*Большаков А.М, Крутько В.Н., Пуцилло Е.В.* Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.

#### ***Дополнительная***

*Авалиани С.Л.* Теоретические и методические основы гигиенической оценки реальной нагрузки воздействия химических факторов окружающей среды на организм: Автореф. дисс. дм.н. – М., 1995.

*Ваганов П. А.* Ядерный риск: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. – 112 с.

*Ваганов П.А., Ман-Сунг Им.* Экологические риски: Учеб. пособие. Изд-е 2-е. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 152 с.

*Киселев А.В.* Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга. – СПб.: Медицинская академия последипломного образования, 2001. – 36 с.

Методология риска – основа природоохранной политики на урбанизированных территориях / А. Голуб, Е. Струкова, С. Авалиани, М. Козельцев, Д. Шапошников. – М., Высшая школа экономики, 1997. – 60 с.

*Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Руководство Р 2.1.10.1920 – 04). – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

Управление риском для здоровья в регионе и финансирование природоохранных проектов (на примере Великого Новгорода) / Авалиани С.Л., Шапошников Д.А., Савин В.А., Голуб А.А. и др. – Москва, 1999. – 57 с.

Guidelines for Ecological Risk Assessment of US EPA. Federal Register (93) 26846-26924, 14 May 1998.

*Fussel J.* Fault Tree Analysis – Concept and Techniques. – In: Generic Techniques in Reliability Assessment, Henly E., Lynn J. (eds.).– Norfolk Publishing Co. – Leyden, Holland, 1976.

*Kollurn R.V.* Health Risk Assessment: Principles and Practices // Risk Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. – New York, 1996. – P. 123-151.

*Ott W.R.* Total human exposure // Environment. Sci. Technol. – 1985, V. 19, # 10. – P. 880-886.

## **Тема 7. Нормативно-правовая база управления рисками.**

Законодательные основы использования методик оценки риска в управлении природопользованием в США. Законодательные основы управления риском в странах Европейского Союза. Нормативно-правовые основы использования методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и состоянием здоровья населения в Российской Федерации.

### ***Литература***

#### ***Основная***

*Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии. – М.: 2008.

### ***Дополнительная***

Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Том 1 / Под рук. академика РАН К. Ф. Фролова. – М.: МГФ Знание, 1998.

Конституция Российской Федерации. Принята 12.12.93. Изменения внесены документами: Указ Президента РФ от 09.01.96 N 20, Указ Президента РФ от 10.02.96 N 173.

Нормы радиационной безопасности.: НРБ-99. – М., 1999.

О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. 21.12.94 N 68-ФЗ.

Об охране атмосферного воздуха. 14.07.82.

Об охране окружающей среды. 2001.

О радиационной безопасности населения. Федеральный закон № 3-ФЗ от 9 января 1996 г.

Об использовании атомной энергии. Федеральный закон № 170-ФЗ от 21 ноября 1995 г. (с изменениями от 10 февраля 1997 г.)

Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Федеральный закон № 125-ФЗ, 1998.

Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 17.12.97. № 1300 //РГ от 26.12.97.

О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.99 № 52-ФЗ //РГ 06.04.99.

## Об авторе - Касьяненко Анатолий Алексеевич



Родился 7 декабря 1937 года. В 1955 году окончил с золотой медалью Таганрогскую среднюю школу № 32. В 1960 году закончил Таганрогский радиотехнический институт и получил квалификацию инженера-электрика по специальности "Автоматика и телемеханика". С 1963 по 1968 год учился в аспирантуре Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина. С 1960 по 1981 год работал в Таганрогском радиотехническом институте. В 1974 году основал выпуск межвузовского научно-технического сборника "Синтез алгоритмов сложных систем" и был ответственным редактором пяти выпусков.

В 1981 году начал работать старшим преподавателем отдела по работе со студентами в Университете дружбы народов имени Патриса Лумумбы. В 1992 году защитил диссертацию и получил степень доктора технических наук по специальности "Электронные устройства вычислительной техники и систем управления". В 1994 году получил звание профессора. Читал лекции в Гаванском университете, в Центральном университете Лас Вильяс, был на стажировке в Италии. В настоящее время заведует кафедрой радиоэкологии. Читал и читает лекции по курсам: "Радиоэкология", "Техногенные системы и экологический риск", "Методы контроля состояния окружающей среды", "Мониторинг окружающей среды", "Monitoreo del medio ambiente" в Высшей венной политехнической школе Эквадора и др. Владеет английским, итальянским, испанским, украинским языками. Имеет более 230 публикаций, в том числе учебники и монографии, изданные в России и на Кубе на испанском языке, 11 авторских свидетельств и патентов, статьи в центральных и зарубежных журналах. Является основателем и редактором сборника трудов научно-технической конференции "Актуальные проблемы экологии и природопользования", заместителем редактора научного журнала "Вестник РУДН. Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности".

Касьяненко А.А. преподает студентам по направлению 511100 – "Экология и природопользование", по специальностям 013100 – "Экология", 013400 – "Природопользование" дисциплины: "Техногенные системы и экологический риск", "Методы контроля окружающей среды", магистрам – "Радиоэкологический мониторинг", "Нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности населения", "Спектрометрия ионизирующих излучений", бакалаврам физикам курс "Общая экология" руководит курсовыми и дипломными работами, аспирантами и соискателями. Под его руководством 10 человек защитили кандидатские диссертации, в том числе 2 иностранных аспиранта. Являлся консультантом по двум докторским диссертациям. Является членом Ученого совета по защите докторских диссертаций. В 1989 году организовал учебно-научный центр радиационного и экологического контроля (УНЦ "РАДЭКО"). Центр имеет аккредитованную лабораторию радиационного контроля. С 2005 года при центре работают курсы повышения квалификации по программе "Радиационная безопасность при работе с радиационными источниками".

Основные публикации:

1. Kasyanenko A.A., Caballero A. Kasansky I. Sistema telemecanico para control de Regadios. Control, Cibernetica y automatizacion Cuba, № 3, Ano IV, 1972, p. 3-7.



2. Касьяненко А.А. (Ответственный редактор). Синтез алгоритмов сложных систем: Межвузовский научно-технический сборник: Выпуск 1 – Таганрог, ТРТИ, 1974; Выпуск 2 – Таганрог, ТРТИ, 1975; Выпуск 3 – Таганрог, ТРТИ, 1976; Выпуск 4 – Таганрог, ТРТИ, 1977; Выпуск 5 – Таганрог, ТРТИ, 1978.
3. Касьяненко А.А. Вопросы построения автоматических систем контроля и управления с ионизационными датчиками. Синтез алгоритмов сложных систем: Межвузовск. тем. сб. Вып III, – Таганрог, ТРТИ, 1977. С. 72-78.
4. Kassianenko A.A. Caratteristiche principali dei sistemi di processi industriali basati sui sensori di ionizzazione. Automazione y strumentazione: Italia, 1981. № 1. P. 10-18.
5. Касьяненко А.А., Штейников Г., Журавлев Ю.П. Устройство для определения разностной частоты. А.С. 411451, МКИ В23 21/00 Бюл. изобретен. № 2, 1974.
6. Касьяненко А.А., Демидов В.С., Зыков В.Н., Тагасов В.И. Радиоизотопный пылемер. А.С. № 1764418 А1 от 22 мая 1992 г.
7. Касьяненко А.А. (зам. главного редактора). "Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности". – М.: РУДН, 1996, № 1. (и далее № № 2-8, 1997- 2003 год соответственно).
8. Kasyanenko A.A. Risk evaluation of Radiation damage of staff. Tenth International Congress of Radiation Research, Congress Procee-ings. – Wurzburg, Germany, 1995, v. 1, p. 172.
9. Chernykh N. A., Kasyanenko A.A. Heavy metals and Radionuclides in natural and anthropogenic landscapes as subject of ecological monitoring (abstracts). Proceedings of VII International Congress of Ecology. – Florence, 19-25 July 1998, p. 85.
10. Лабораторный практикум по курсу "Физико-химические методы контроля состояния окружающей среды" / Под общей редакцией А. А. Касьяненко. – М.: РУДН, 1998.
11. Kasyanenko A.A., Kozlov Yu. P. The training of experts on ecology and environmental management. VIII European Ecological Congress – Eureco-99, – Halkidiki, Greece, 1999.
12. Кулиева Г.А., Касьяненко А.А. Экологические последствия применения обедненного урана в боезарядах / Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: РУДН, 2002, № 6, стр. 90-99.
13. Kulieva G.A., Kasyanenko A.A. Ecological consequences of depleted uranium use in ammunition / International Ecological conference, "Environmental Protection of Urban and Suburban settlements". – Novi Sad, 2003. – P. 69-74.
14. Kasyanenko A.A., Kulieva G.A., Ratnikov A.N., Jigareva T.L., Kalchenko V.A. Migration of depleted Uranium in the system "soil-plant" and its influence on the plant's growth / Special Issue "High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects. Proceedings of the 6th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas /Edited by P. Sugahara, H. Morishima, M. Sohrabi, Y. Sasaki, I. Hayata and S. Akiba. International congress series, v. 1276C. Elsevier, 2004. – P. 222-223.
15. Kasyanenko A.A., Kulieva G.A., Ratnikov A.N., Jigareva T.L. Influence of <sup>238</sup>U on growth of the plants / Joint meeting in Radiation Biology and Radioecology: Two decades after Chernobyl – summing up the consequences of the accident. Marstrand, Sweden, April 25-28, 2006. Meeting Programme and Abstract Book. – P. 59.
16. Mikhaylichenko K.Yu., Kasianenko A.A., Schelkunova I.G., Grechko A.V. The Risk of ecologically induced pathologies among employers of road patrol service due to pollution by car exhausts / EURO-ECO, Das inetrnationale symposium. Hannover, 2007. Programm Abstracts. – P. 36-37.

#### Методические пособия:

1. Kasyanenko A.A., Caballero A., Kasansky I.N. Telemecanica: Primera parte (manual). – La Habana, Univ. de la Habana, Ft-653, 1971.
2. Kasyanenko A.A., Caballero A. Telemecanica: Lineas, elementos, bloques. Segunda parte (manual). – La Habana, Univ. de la Habana, Ft-840, 1971.

3. Kasyanenko A.A., Caballero A. Telemecanica: Sistemas Tercera parte (manual). – La Habana, Univ. de la Habana, Ft-887, 1972.
4. Касьяненко А.А., Герасимато Г.В. Пособие для обучения устной речи на испанском языке (учебное пособие). – Таганрог, ТРТИ, 1975. – 200 с.
5. Касьяненко А.А. Частотные методы исследования устойчивости автоматических систем управления (учебное пособие). – Таганрог, ТРТИ, 1977.
6. Caballero A.A., Kasyanenko A.A. Sistemas de medicion (manual). – La Habana, Editorial Pueblo y Educacion, 1986.
7. Kasyanenko A.A., Ballester R. Aplicacion de Micro procesadores en los sistemas de medicion y control (manual). – Santa Clara, Univ. Central de las Villas, 1986.
8. Caballero A.A., Kasyanenko A.A. Sistemas de medicion (manual). Sistemas de medicion (manual). – La Habana, Editorial Pueblo y Educacion, 1988.
9. Касьяненко А.А. Лабораторный практикум по курсу "Охрана труда": "Электробезопасность в сетях напряжением до 1000 В". – Москва, РУДН, 1990.
10. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды (учебное пособие). – Москва, РУДН, 1992.
11. Касьяненко А.А. (ответственный редактор). Программы для бакалавров по направлению 511100 "Экология и природопользование". – Москва, РУДН, 1995.
12. Программы для бакалавров по направлению 511100 "Экология и природопользование" / Под ред. А. А. Касьяненко и Ю. П. Козлова. – М.: РУДН, 1996.
13. Касьяненко А.А. Программа курса "Техногенные системы и экологический риск" / В кн. "Программа для бакалавров по направлению 511100 "Экология и природопользование". – М.: РУДН, 1996. С. 56-57.
14. Programs for Bachelors. Speciality 511100 "Ecology and Nature Management" / Ed. A. A. Kasianenko, Yu. P. Kozlov. – М.: RPFU, 1997.
15. Касьяненко А.А. Исследование шума и средств защиты от него / В кн. "Лабораторный практикум по курсу "Охрана труда", Москва, УДН, 1988. с.49-63.
16. Касьяненко А.А. Техногенные системы и экологический риск: Учебное пособие. Часть I. – М.: РУДН, 2001. – 93 с.
17. Программы для бакалавров по направлению 511100 – "Экология и природопользование" / Под ред. Касьяненко А.А., Сидоренко С.Н. – М.: Изд-во РУДН, 2003. –231 с.
18. Рекомендации по ведению личных подсобных хозяйств на территориях, загрязненных радиоактивными веществами: Учебно-методическое пособие / Под ред. д.т.н., проф. А.А. Касьяненко и д.с.-х.н. А.Н. Ратникова. – М.: Изд-во РУДН, 2003. –79 с.
19. Программы по специальности 013100 – Экология / Под ред. Касьяненко А.А., Сидоренко С.Н. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 361 с.
20. Касьяненко А.А., Герман О.А., Ахмедзянов В.Р., Платонов А.Г. Практикум по курсу "Радиоэкология": Радон и его дочерние продукты распада. – М.: Изд-во РУДН, 2004.
21. Алборов И.Д., Вагин В.С., Касьяненко А.А. и др. Организационно-правовые аспекты охраны окружающей среды: Учебно-методическое пособие. – М.: МГСУ; Владикавказ, Изд-во СКГМИ (ГТУ) "Терек", 2004. – 300 с.
22. Зыков В.Н., Касьяненко А.А., Попадейкин В.В., Чернышов В.И. Развитие нормативно-правового регулирования охраны природы и экологической метрологии. – Москва, Изд. РУДН 2005. – 268 с.
23. Касьяненко А.А., Кулиева Г.А., Михайличенко К.Ю. Техногенные системы и экологический риск – безопасность и риск: учебное пособие. – М., РУДН, 2006. – 80 с.