



ХИМИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА



teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

МАМОНТОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ
НИКОЛИНА ЕЛЕНА СЕМЕНОВНА

ХИМФАК МГУ

КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ
НА [VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ
[VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).



БЛАГОДАРИМ ЗА ПОДГОТОВКУ КОНСПЕКТА
СТУДЕНТКУ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПОЧЕТНУЮ ПОЛИНУ АЛЕКСАНДРОВНУ



Содержание

Лекция 1. Техносфера	6
Составные части окружающей среды	6
Техносфера как объект философского исследования	7
Подходы к исследованию техносферы	8
Системно-динамические модели	9
Бифуркация	10
Концепция устойчивого развития	11
Современные способы существования и ограничения развития техносферы	14
Ресурсный цикл	15
Лекция 2. Биосфера как многоструктурная система	17
Глобальные последствия техногенных последствий	17
Эволюция мира опасностей, связанных с деятельностью человека	19
Основные факторы техносферы, воздействующие на окружающую среду	23
Биосфера как многоструктурная система	24
Функции и компоненты биосферы	25
Характеристики атмосферы	26
Гидросфера	29
Литосфера	31
Системы поддержания жизни	32
Лекция 3. Качество природной среды	36
Благоприятная окружающая среда	36
Качество воды	36
Качество почвы	38
Устойчивость природной среды	39
Экологический мониторинг	42
Техногенная опасность	46

Лекция 4. Техногенная и химическая опасность.....	53
Потенциально опасные производственные объекты	53
Факторы опасности	54
Последствия техногенных опасностей	58
Химическая опасность	62
Химические аварии	65
Источники опасности на химически опасном объекте.....	68
Загрязнители природной среды.....	70
Лекция 5. Общие представления о риске	71
Высокотоксичные поллютанты.....	71
Абиотическая и биотическая трансформации ксенобиотиков.....	74
Образование вторичных загрязнителей в атмосфере.....	75
Перенос и рассеяние загрязнителей.....	77
Моделирование распространения загрязнителей в атмосфере	78
Общие представления о риске.....	79
Лекция 6. Техногенный и технический риск.....	84
Восприятие риска	84
Распределение опасности по силе.....	84
Индивидуальный и коллективный риск	88
Техногенный риск	93
Идентификация опасностей и риска.....	96
Лекция 7. Нормативно-правовое регулирование	99
Система мер, регулирующих управленческую деятельность по снижению риска	99
Нормативное регулирование уровня приемлемости техногенного риска	100
Экологическая регламентация техногенных воздействий	103
Функциональные территории промышленных городов	104
Налоговое регулирование	107
Лекция 8. Инновации. Композитные материалы	109

Модель инновационного процесса	109
Определения материала	110
Надежность технических систем и техногенный риск	111
Концепция устойчивого развития.....	111
Композитные материалы	112
Лекция 9. Развитие ядерных технологий	117
Нормы радиационной безопасности.....	117
Источники поступления радионуклидов в среду	117

Лекция 1. Техносфера

Составные части окружающей среды.

Окружающая среда - природный и созданный человеком материальный мир, который окружает человеческое общество, воздействует на него, в котором человек как общественное существо удовлетворяет свои потребности и, в свою очередь, воздействует на него своей деятельностью и преобразует его. Окружающая среда — это сложнейшая многофункциональная многофакторная система, ее состав которой складывается из трех основных элементов: социальная, природная и созданная человеком материальная среда. Человек является главным элементом этой системы. Она должна быть организована таким образом, чтобы человек чувствовал себя комфортно, то есть обладать достаточным качеством и уровнем жизни, а также достаточным уровнем безопасности.

Природа - сложная система, включающая биогеохимические системы, каждая из которых характеризуется определенным составом, типом взаимодействия с остальными естественными и общественными системами.



Рис 1.1. Составные части окружающей среды человека

Важно добавить, что в созданную человеком материальную среду в данный момент входят не только промышленные структуры, но и часть природной среды, которая была преобразована за счет технической деятельности человека.

Материальная среда — это среда, которая создавалась в результате развития человечества. Другими словами, это техногенная среда, которая возникла в результате технического развития.

Человеческое сообщество прошло много этапов технического развития. Каждый этап называют революцией, поскольку каждый раз происходил резкий скачок изменения в уровне промышленного производства:

Собирательство - Аграрное общество (X-УІІІ до н.э. до УІІІ в.) - Индустриальная (промышленная революция, УІ-УІІІ в.) - Научно-техническая революция (сер. ХХ в.) - Компьютерная революция (конец ХХ в.)

Если раньше говорили, что человек проживает в биосфере или экосфере, то сегодня применяется понятие «Техносфера».

Техногенная среда или *Техносфера*— технико-экологическая реальность, которая сформировалась из совокупности технических средств и произведенных с их помощью техногенных объектов, обеспечивающих людям более благоприятные условия по сравнению с предоставляемыми природной средой.

Техносфера – среда, приобретающая глобальность и системные характеристики. Она охватывает:

- 1) Все области на планете, куда проникают технические средства;
- 2) Всю совокупность техногенных изменений на планете (например, изменение состава атмосферы или гидросферы под воздействием людей). Техносфера подчеркивает рост масштабов современных технологических процессов или автономность современных технических систем.

Техносфера как объект философского исследования.

Цель: Изучение техносферы для разрешения одной из важнейших проблем современной эпохи – обеспечения дальнейшего развития человечества.

Противоречия:

- Между стремительным ростом техногенной среды, потребляющей природные ресурсы, и возможностями природы эти ресурсы восполнять.
- Между системными характеристиками техносферы (проявляющимися как внутренние связи между её элементами и функциональные связи с окружающей средой) – и стремлением человека управлять техногенной средой в своих интересах.

Необходимость управления и прогнозирования роста техносферы:

- Масштаб технологических процессов и их усложнение;
- Появление инновационных процессов и продуктов;
- Неполная контролируемость процессов;
- Опасные ответные воздействия техносферы на природу и социокультурные

системы, грозящими потерей их равновесия, а ограниченность ресурсов - ведущей к ограничению её дальнейшего роста.

Философский анализ техносферы вызван тем, что техногенная среда росла очень стремительно. Переход от аграрного общества к промышленной революции длился веками, но от промышленной революции к компьютерной - десятки лет.

Основные проблемы:

- 1) Прогнозирование развития техногенной среды;
- 2) Нейтрализация техногенных изменений природы;
- 3) Оценка техногенных трансформаций человека и социокультурной среды.

Подходы к исследованию техносферы.

- 1) Техно-центрический - исследует техносферу как глобальную техническую систему, выявляет основные тенденции технического развития;
- 2) Эксцентрический - рассматривает техносферу как искусственную среду, создаваемую в рамках природы, трансформирующую ее, анализирует последствия технически обусловленной деятельности человечества природной среде;
- 3) Антропоцентрический - понимает техносферу как один из результатов сознательной деятельности людей, исследует техногенные изменения в человеческой жизни.

Чтобы спрогнозировать развитие, были созданы компьютерные модели развития мировой системы. В целом эти модели можно разделить на две группы, которые носят название "Наша перспектива" (пессимистические) и "Перспектива будущих поколений" (оптимистические).

«Пределы роста» - одна из первых пессимистических моделей системной динамики. Она была разработана организацией под названием «Римский клуб» и дала толчок для развития компьютерных моделей системной динамики в целом.

Физические и биологические пределы, обуславливающие возникновение глобального экологического кризиса согласно Пределам роста»:

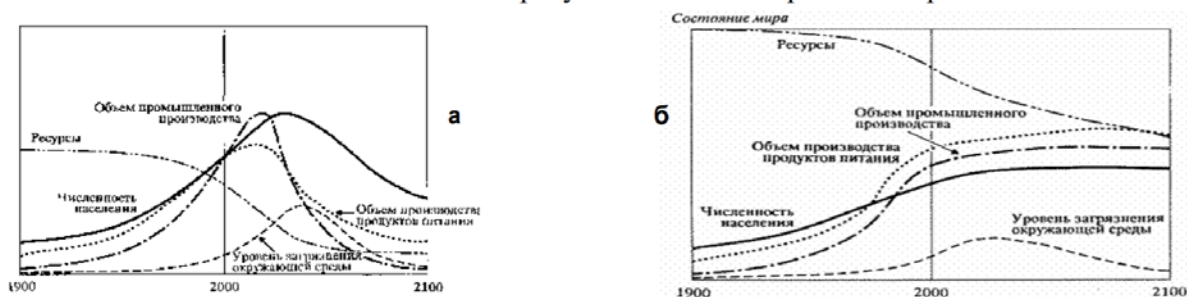
- 1) Площадь возделываемых земель;
- 2) Продуктивность земли;
- 3) Невозобновляемые ресурсы;
- 4) Способность окружающей среды поглощать загрязнения, которая уменьшается по мере накопления загрязняющих веществ и с учетом способность окружающей среды к восстановлению.

Экспоненциальный рост и фиксированные запасы создают условия для глобальной катастрофы.

Системно-динамические модели.

«Модификации ресурсных моделей» - работа Джорджа Форрестера и Массачусетского технологического института США, является системно-динамической моделью.

X_i – фазовые переменные, определяющие состояние рассматриваемой социально-экономической системы в интересующий момент времени ее развития t



Развитие мира: а — стандартный сценарий; б — модель стабилизированного развития (Управление риском, 2000).

Рис 1.2. Системно-динамические модели социоприродных глобальных процессов.

Модель Форрестера, в виде фазовых переменных закладывает объем промышленного производства, ресурсы и численность населения. А также объем продуктов питания и уровень загрязнения.

По стандартному сценарию, если человечество развивается теми же темпами, с тем же уровнем использования ресурсов и промышленного производства, то численность населения, проходя 2000 год, начинает резко падать.

В модели стабилизированного развития были изменены следующие переменные: исчерпаемость ресурсов была приближена к закону D (Исчерпаемость не превышает восстановление), увеличен объем продуктов питания, снижен уровень загрязнения. В итоге численность населения стабилизировалась на некоем уровне.

«Перспективы будущих поколений» – системы, которые в отличие от пессимистических моделей, отрицают застой и пределы. Стратегии развития общества:

- Модель Кана не "проигрывает" будущее, а предусматривает включение новых технологий, раздвигающих ограничения или резервирования времени до появления новых технологий.
- Гипотеза Геи утверждает, что Земля – живой организм со сложной системой обратной связи, стремящейся к сохранению оптимальной физической и химической окружающей среды; планетарная окружающая среда — это саморегулирующаяся система. Отклонения от оптимальной среды (например, загрязнение) запускает

природные, не зависящие от человека ответные механизмы, восстанавливающие равновесие.

- Ноосфера (сфера разума) — это биосфера, упорядоченная разумом и трудом человека, среда обитания человека, управляемая научным разумом. (В. И. Вернадский)

Особенности системы динамического подхода:

- Возможность прогноза многокомпонентных глобальных процессов;
- Возможность учета экологических составляющих (конечный характер минеральных ресурсов, а также ограниченные возможности природных комплексов поглощать и нейтрализовать отходы человеческой производственной деятельности)

Системно-динамический метод позволяет решить две задачи:

- 1) Определить конкретные решения, которые фактически реализуются по всем известным статистическим данным или данным мониторинга за прошедшие интервал времени развития рассматриваемой системы;
- 2) Определить максимальное управляющее воздействие, если рассчитанное поведение системы оказывается неприемлемым по тем или иным причинам.

Выводы из анализа глобальных моделей развития мировой системы:

- 1) Развитие общества главным образом определяется технологиями и средствами производства в различных сферах деятельности человека;
- 2) Создание новых технологий определяется уровнем интеллектуального, а следовательно, информационного развития общества, т.е. от фундаментальных и прикладных знаний и умения их использовать;
- 3) В процессе эволюции длительность цикла жизни каждой последующей базовой технологии сокращается по сравнению с предыдущим.
- 4) Темпы потребления возобновляемых ресурсов не должны превышать темпов их восстановления;
- 5) Темпы потребления невозобновляемых ресурсов не должны превышать темпов их устойчивой возобновимой замены;
- 6) Интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна превышать возможности окружающей среды поглощать их.

Бифуркация.

Когда появились модели развития и катастрофе, исследователи начали делать выводы, что мир находится на грани бифуркации.

Бифуркация — поворотные пункты развития, возникновение ситуации выбора, возможность нескольких вариантов дальнейшего хода событий, потеря устойчивости предшествующего состояния.

В точке бифуркации малые с глобальной точки зрения воздействия (экологические катастрофы, техногенные аварии) могут оказаться очень существенными. Поэтому предупреждать такие воздействия, смягчать их становится все более важно.

Другими словами, человечество стоит на каком-то поворотном моменте развития, когда от выбора зависит траектория, по которой этот мир будет развиваться. Теряется устойчивость текущего состояния, и мы переходим неустойчивое, траектория его развития непредсказуема. Можно вспомнить произведение Рэя Брэдбери, где случайная гибель бабочки разрушила мир, таким образом, мир уже находился на грани. В нашей реальности такими воздействиями могут служить катастрофы техногенные аварии.

Типичные признаки бифуркации:

- Чувствительность к малым воздействиям: вблизи точки бифуркации (малые причины могут иметь большие следствия) или, что то же самое, система становится предельно уязвимой;
- Неустойчивость предшествующего состояния: если параметр - это время, то тезис «завтра будет примерно так же, как и сегодня» уже не работает;
- Возможность катастрофических скачков: конечного отклика на бесконечно малые воздействия

Вернадский разработал Ноосферный подход в выборе концепции развития мировой системы.

Ноосферное развитие — это разумно управляемое соразвитие человека, общества и природы, при котором удовлетворение жизненных потребностей населения осуществляется без ущерба для природы и будущих поколений.

Концепция устойчивого развития.

Устойчивое развитие (sustainable development) — модель социально-экономического развития, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без того, чтобы будущие поколения были лишены такой возможности из-за истощения природных ресурсов и деградации окружающей среды. Цель концепции устойчивого развития — минимизация негативных долгосрочных последствий, экстерналий для будущих поколений.

В концепции отображен принцип упреждающих мер, в соответствии с которыми следует устранять причины негативных явлений и процессов, а не их следствия.



Рис 1.3. Иерархия целей концепции устойчивого развития

Наука участвует в реализации принципов устойчивого развития всех сфер общества через новые знания, которые используются в развитии четырех направлений:

- 1) Образование, просвещение;
- 2) Культура, мировоззрение;
- 3) Природа, общество, человек;
- 4) Производительные силы.

«Наука должна обеспечить более глубокое понимание глобальных проблем человечества и нахождение путей их решения» В. А. Коптюг

Конкретные действия науки в развитии устойчивого общества: мониторинг, анализ, технология, организационные формы, мировоззрение, прогнозирование.



Рис 1.4. Обобщенная модель устойчивого развития мира

Обобщенная модель устойчивого развития лежит в основе социально эколого-экономической системы. Если вспомнить неорганическую химию, то эта модель напоминает тетраэдр – очень устойчивая структура. В его основании природа, производство и человек. Систему связывает жесткая вертикаль – управление.

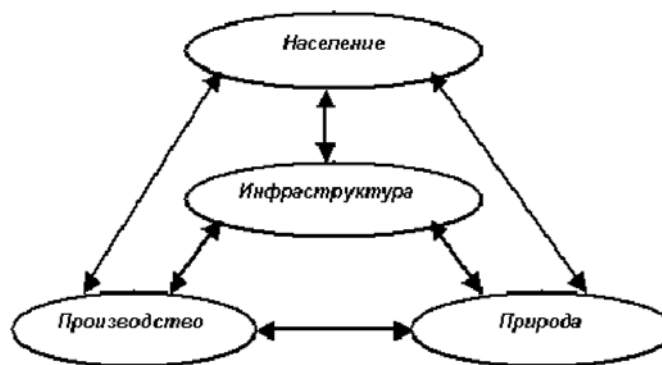


Рис 1.5. Социально-эколого-экономическая система

Население – главный элемент СЭЭС, оно связано с природой и производством, которое также называется экономическим капиталом. Инфраструктура – законы и институты, которые и являются жесткой вертикалью управления.

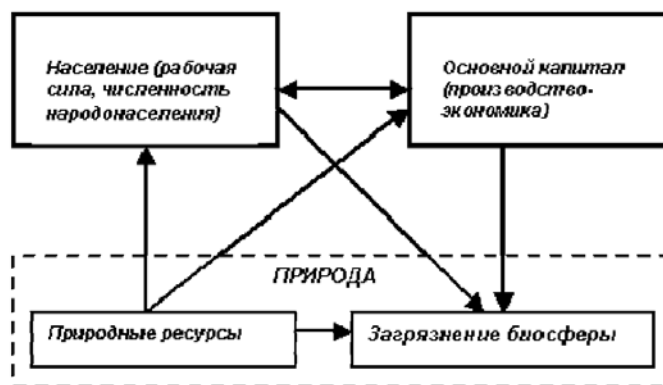


Рис 1.6. Важнейшие антропогенные факторы СЭЭС и следствия их реализации.

Двойственная роль техносферы:

- 1) Уровень научного и технического развития техносферы и ее масштабы, приносят людям блага, давая средства для решения материальных и социальных проблем;
- 2) Одновременно привносит в мир новые опасности, сопоставимые, а иногда и превышающие опасности природных явлений и процессов.

Техносфера, призванная максимально защищать от естественных опасностей, в результате сама стала основным источником опасностей на Земле.

Определяющая роль техносферы в развитии социально-эколого-экономической системы – повышение уровня и качества жизни человека в обществе.

Основные (интегральные) показатели развития СЭЭС, тесно связанные с определяющей ролью техносферы:

- Рост промышленного производства;

- Рост душевого потребления энергии;
- Увеличение продолжительности жизни.

Современные условия существования и ограничения развития техносферы.

Основные понятия: пути взаимодействия техносферы и природы, численность населения и возможности развития общества, истощение природных ресурсов.

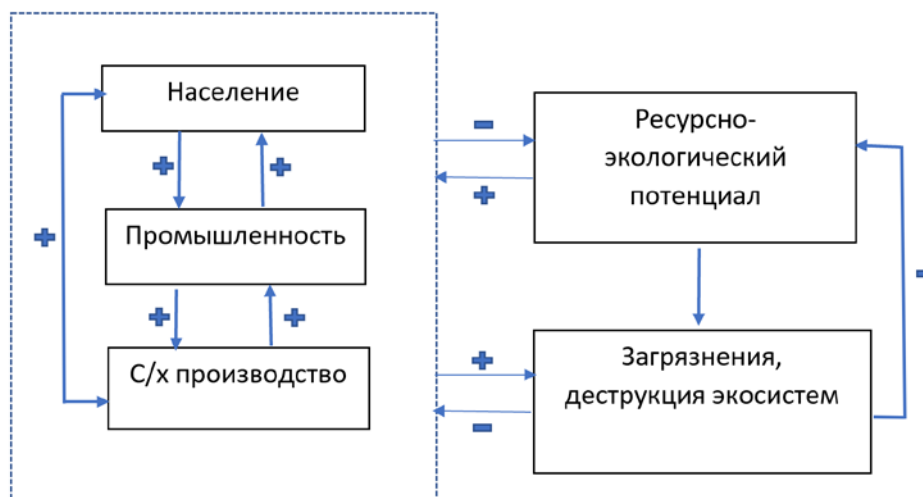


Рис 1.7. Модель взаимодействия техносферы и природы.

Есть ограничения, которые не дают техносфере возможность постоянно развиваться. В первую очередь вот нужно обратиться к модели взаимодействия техносферы и природы. Техносфера с природой взаимодействует по каналам природопользования. У основных блоков техносферы: населения, промышленности и с/х производства положительные связи, то есть они друг друга стимулируют и увеличивают производство в каждом блоке. В природной среде находится ресурсно-экологический потенциал, который он отдает сюда ресурсы для функционирования техносферы, но в то же время истощение приводит к постоянному уменьшению природных ресурсов. Также в природную среду входит блок загрязнения, по отношению к нему направлена положительная связь, что говорит о деструкции экосистем.

Основные факторы, которые ограничивают развитие техносферы — это численность населения, природные ресурсы и загрязнения биосферы. Численность населения росла в соответствии с этапами технологических революций. Начиная с пятидесятых годов прошлого столетия заговорили об экспоненциальном росте численности народонаселения и были прогнозы о том, что в 2023 году численность достигнет 8 миллиардов. По концепции демографического взрыва, когда население начнет постоянно расти, были прогнозы о 24 миллиардах. С одной стороны, промышленное

производство заинтересовано в притоке населения. С другой стороны, биосфера не может выдержать такое количество населения, у нее не хватает ресурсов, чтобы прокормить людей.



Рис 1.8. Классификация ресурсов по истощаемости.

Экологические ограничения, связанные с истощением возобновимых природных ресурсов:

- Почва — один из самых ценных и дефицитных ресурсов. 1 см чернозема Земля накапливает за 300 лет, а 1 см почвы погибает за 3 года;
- Пресная вода — ключевой незаменимый компонент экосистем, незамещаемый источник жизнеобеспечения населения территории, основа устойчивости жизни общества в регионе биосферы планеты.

Нехватка воды — 1700 л/ чел* год,

Кризис — менее 1000 л/ чел* год.

- Кислород атмосферы — потребуется $1,7 \cdot 10^{16}$ т кислорода на сжигание $6,4 \cdot 10^{15}$ т горючих ископаемых, которых содержатся в недрах Земли. Количество кислорода в атмосфере — $1,5 \cdot 10^{15}$ т.

Ресурсный цикл.

Добываемое природное сырье проходит целый ряд обработки и переработки. Происходят потери в виде загрязнений, которые потоп поступают в биосферу.

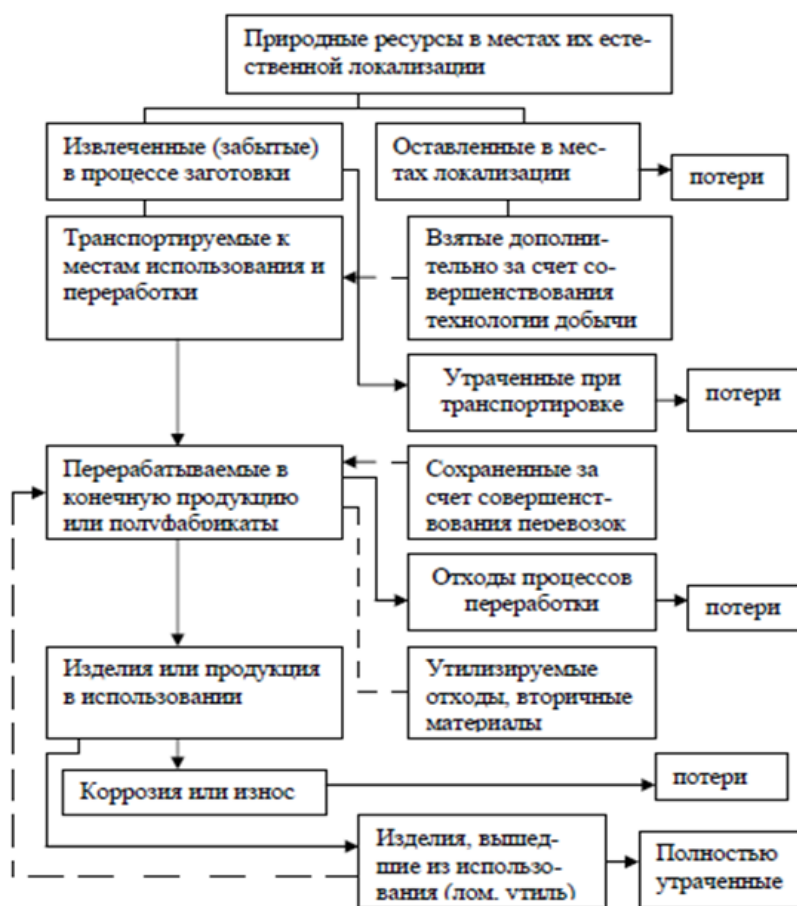


Рис 1.9. Ресурсный цикл.

Загрязнение окружающей среды — поступление в биосферу любых твердых, жидких и газообразных веществ или видов энергии (теплота, звук, радиоактивность и т.п.) в количествах, оказывающих вредное влияние на человека, животных и растения как непосредственным, так и косвенным путем.

Распределение видов и объемов загрязнения в биосфере:

- 1) Газообразное загрязнение атмосферы – 50%;
- 2) Органические отходы – 37%;
- 3) Твердые отходы – 12%;
- 4) Выбросы твердых частиц в воздушный бассейн – 1%.

Главными промышленными источниками загрязнения атмосферы являются промышленные предприятия, энергетика и автомобильный транспорт.

Основные глобальные последствия техногенных воздействий: изменение климата; разрушение стратосферного озона; загрязнение мирового океана.

Лекция 2. Биосфера как многоструктурная система

Глобальные последствия техногенных воздействий.

Основные причины изменения климата земли:

Природообусловленные – изменение солнечной активности; параметры земной орбиты и наклон земной оси; изменение вулканической активности и теплосодержания океанических воды и т.д.

Антропогенные – антропогенный вклад в глобальный парниковый эффект за счет дополнительной эмиссии парниковых газов в атмосферу.

Парниковый эффект считается основным глобальным последствием антропогенного вклада. О влияет на изменение температуры в сторону увеличения. За последнее столетие температура увеличилась на 3 градуса. Сейчас средняя зимняя температура – 3,6°. Если температура повысится более, чем на 4 градуса, наступит предел человеческих возможностей выживания в этом климате. По теории парникового эффекта, потепление вызывают парниковые газы.

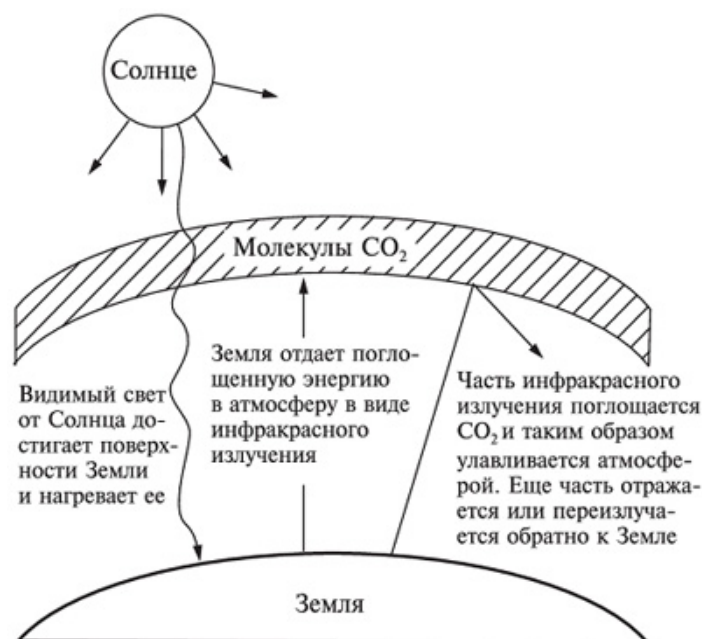


Рис 2.1. Схематическое представление парникового эффекта.

Парниковые газы включают в себя: водяной пар, углекислый газ, метан, сульфурфторид, галоуглероды, оксид азота и озон.

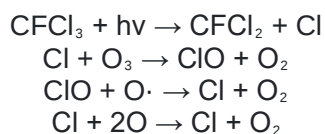
По аналогии с теплицей, не пропускающей ультрафиолетовые солнечные лучи, которые достигают поверхности земли, отражаясь уже в инфракрасной области, возвращаются обратно в атмосферу. Баланс отражения и поступления нарушается,

часть инфракрасного излучения нагревает поверхность земли. При парниковом эффекте роль тепличной пленки выполняет условный слой, состоящий из парниковых газов. Опять же часть тепла возвращается на Землю, нагревая ее поверхность, и температура в тропосфере (в приземном слое атмосферы) повышается.

Разрушение стратосферного озонового слоя также является опасным для населения Земли. Озоновая оболочка достаточно тонкая по сравнению с другими слоями атмосферы, но выполняет важную защитную функцию. Ультрафиолетовые жесткие лучи задерживаются этим экраном и не полностью проникают к земной поверхности. Основная опасность УФ-излучения – возникновение меланомы (рака кожи), эта опухоль сегодня широко распространена.

Озоновый слой значительно утоньшается в течение последних десятилетий. Над Антарктикой даже наблюдаются озоновые дыры – места, которые абсолютно не удерживают УФ-лучи. Главной причиной считается выброс в атмосферу фреонов (фторсодержащих производных насыщенных углеводородов), которые используются в качестве охлаждающих агентов в бытовой технике. Фреоны опасны, потому что это искусственные вещества, и они не разлагаются, а сохраняются в атмосфере в исходном виде длительное время. Например, пентафторхлорэтан (фреон 115), производившийся в России до 1998 года, может пребывать в атмосфере до 500 лет. Их время пребывания изменяется в годах, в то время как у многих групп веществ в минутах или днях.

Под воздействием ультрафиолетового излучения фреоны выделяют атомарный хлор (фотохимическая реакция). Хлор воздействует на озон, который распадается на кислород. Реакции в общем виде:



То есть главная опасность фреонов заключается в их разрушении в стратосфере.

Загрязнение нефтью мирового океана происходит достаточно часто. Например, выброс нефти в Мексиканском заливе в 2010 году при взрыве нефтяной платформы, это событие приравнивают к экологической катастрофе. Нефть на поверхности воды сохраняется очень длительное время, ее пребывание дольше, чем биологическое разрушение. Обычно меры для минимизации такого типа ущерба – простое собирание пленки с поверхности воды (в основном на побережье). Глобальная проблема заключается в том, что нарушается жизнь под этой пленкой. Создаются трудности для прохождения света вглубь океана и нет возможности для обмена углекислым газом между поверхностью океана и атмосферой. Система поверхности океана и атмосферы участвует в регулировании климата, обеспечивая стабильный круговорот диоксида углерода.

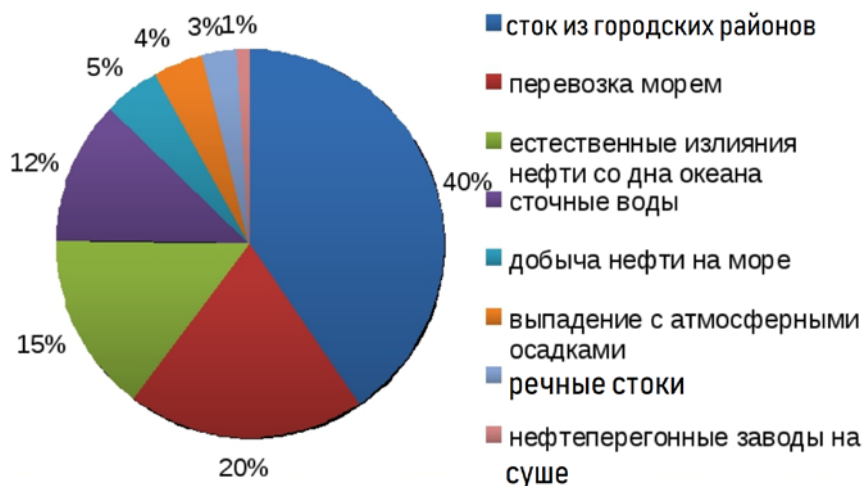


Рис 2.2. Загрязнение нефтью мирового океана.

Эволюция мира опасностей, связанных с деятельностью человека.

С развитием техносферы возникла и техногенная опасность. В таблице 2.1 хорошо показано, как менялся уровень опасностей, начиная с периода собирательства и заканчивая нашим временем. 12000 лет до нашей эры антропогенный вклад заключался в вытаптывании или локальном вырубании. Дальнейший антропогенный вклад связан с освоением новых земель и рекультивацией.

Развитие техносферы привело к увеличению ВВП, что говорит о повышении уровня жизни. Но также сократилось число видов, значит, биосфера находится в нестабильном состоянии.

Таблица 2.1. Развитие мира опасностей.

Период эволюционного развития (годы)	Численность населения, млн человек	Виды опасностей и их уровень
Собирательство, охота (700 000 – 12000 лет до н.э.)	<10	Естественные – обычный уровень Антропогенные – следы Техногенные – следы
Сельское хозяйство и аграрная цивилизация (12000 лет до н.э. – XIX в.)	10 – 1000	Естественные – обычный уровень Антропогенные – низкий уровень Техногенные – следы

Переходный (середина – XIX в. – 1930 г.)	1000 – 2000	Естественные – обычный уровень Антропогенные – низкий уровень Техногенные – низкий уровень
НТР (1930 – 2000 г.)	2000 – 6000	Естественные – обычный уровень Антропогенные – высокий уровень Техногенные – высокий уровень

Таблица 2.2. Роль техносферы и потери биосферы в XX в.

Показатель	Начало века	Конец века
Валовый мировой продукт, млрд долл./год	60	30000
Энергетическая мощность техносферы, ТВт	1	14
Численность населения, млрд. человек	1,6	6,1
Добыча всех видов ископаемых, Гт/год	0,6	125
Потребление пресной воды, км ³ /год	360	5000
Потребление первичной продукции биоты, %	1	12
Площадь лесов, млн км ²	46,5	38,7
Площадь первичных пустынь, млн км ²	28	36
Площадь деградированных земель, млн га	140	1900
Сокращение числа видов, %	(0)	20
Площадь суши, занятой техносферой, млн км ²	13	38
Техногенные поражения людей, %	0,5	2,5

Гт – гигантонна = 10⁹ т

ТВт – тераватт = 10¹² Вт

Техносфера не только обеспечивает человека комфортом и безопасностью, но и сама может быть источником опасности для здоровья. На рисунке показана карта Оренбургской области. Эта область насыщена промышленными предприятиями, и можно увидеть, как этот фактор влияет на людей. Низкий уровень риска занимает очень малую территорию, а в основном распространен средний и высокий уровень.

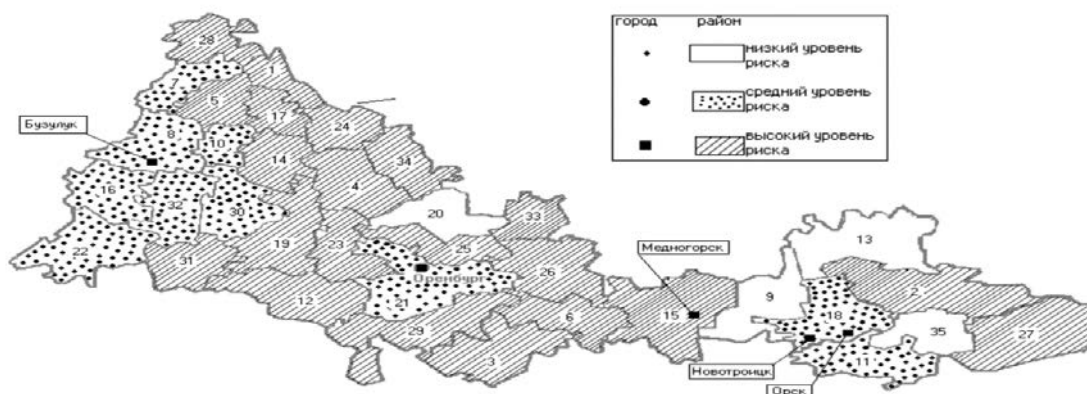


Рис 2.3. Влияние загрязнения нитратами на территории Оренбургской области на здоровье людей.

Техногенная опасность связана не только со здоровьем населения, но и с увеличением количества аварий. В таблице 2.3 приведен неполный список аварий, произошедших за последние 30 – 40 лет. Имели место аварии с выбросом токсических веществ, гидродинамические и радиационные. В таблице приведены наиболее катастрофические последствия. Например, в Базель были выброшены сотни тонн токсических веществ. При взрыве на железной дороге России образовался огненный шар, поразивший 2 поезда, в результате чего погибло 780 человек. Касательно Японии, авария была вызвана не техногенным явлением, а природным – землетрясение и цунами, но вторичный фактор является техногенным. Он привел к разрушению защиты на атомной станции и привел к выбросу радиации, число пострадавших до сих пор неизвестно, а выплаченная компенсация составила 49 млрд. долларов.

Таблица 2.3. Причины и последствия некоторых техногенных аварий.

Место, год	Причины аварии	Тип аварии	Последствия аварии
Чикаго, США, 1973 Фликсборо, Англия, 1974 Севезо, Италия, 1976 Бхопал, Индия, 1984 Техас, США, 1986	Отказ оборудования Превышение давления в реакторе окисления циклогексана Протекание неконтролируемой реакции Превышение давления в резервуаре Ж/д авария при перевозке желтого фосфора и серы	Взрыв и пожар хранилища сжиженного газа Взрыв и пожар облака паровоздушной смеси Выброс диоксида, экологическая катастрофа Выброс СДЯВ метилизоцианата Пожар в результате самовозгорания фосфора, выброс токсичных веществ Выброс СДЯВ и токсичных веществ	Уничтожено все в радиусе 1 км, погибло 500 чел.; несколько тысяч пострадали Разрушение установки; 18 погибших, 28 пострадавших Заражена территория 10 км ² ; эвакуировано более 1000 чел. Погибло около 3000 чел.; пострадало более 200000 чел. Эвакуация более 30000 чел.
Базель, Швейцария, 1986	Взрыв и пожар на складе сильнодействующих и ядовитых веществ	Взрыв и пожар паровоздушного облака Выброс СДЯВ	Загрязнение р. Рейн, нарушена жизнедеятельность более 20 млн. чел. Погибло 780 чел в проходящих пассажирских поездах Погибло 17 чел.; пострадало более 500 чел. Разрушен машинный зал. Погибло 72 чел.
Уфа, Россия, 1989	Разрыв трубопровода ШФЛУ вблизи железной дороги	Взрыв и пожар паровоздушного облака Выброс СДЯВ	Погибло 13 чел.; ущерб более 17 млрд. долл. Компенсационные выплаты более 49 млрд. долл.; точное число пострадавших до сих пор не установлено
Мексика, 1991 Россия, 2009 Мексиканский залив, США, 2010	Ж/д авария при перевозке хлора Авария на Саяно-Шушенской ГЭС Взрыв на нефтяной платформе	Гидродинамическая авария Техногенная и экологическая катастрофа Радиационная авария	Погибло около 70 чел, более 100 пострадало, эвакуация в радиусе 2 км
Япония, АЭС «Фукусима-1», 2011 Техас, США, 2013	Землетрясение, цунами, отказ защиты Авария на заводе минеральных удобрений	Взрыв и пожар на складе аммиака	

Основные факторы техносферы, воздействующие на окружающую среду.

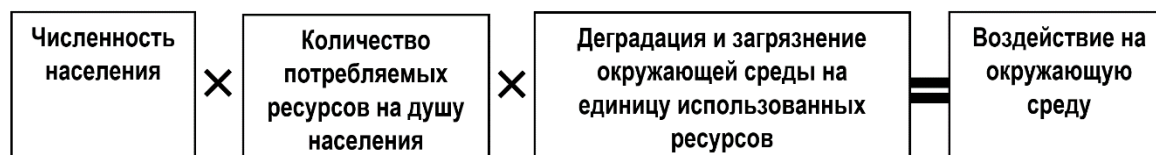


Рис 2.4. Формирование воздействия на окружающую среду в результате влияния основных факторов техносферы.

Численность населения растет постоянно и экспоненциально (сейчас 7 млрд. человек). По моделям развития, которые были рассмотрены ранее, при постоянном росте возникают пределы развития техносферы.

Количество потребляемых ресурсов на душу населения, считающихся невозобновляемыми, и *деградация окружающей среды* также приводят к пределам развития согласно моделям нашего поколения.

Принцип возможности создания качественной техносферы:

Создание человеком качественной техносферы принципиально возможно и достижимо при соблюдении в ней предельно допустимых уровней внешних воздействий на человека и природу, не приносящих ущерба природе и его здоровью.

Биосфера как многоструктурная система.

Проблемы взаимодействия между человеком и природой возникли не в последние столетия, а с самого появления человека на Земле, даже на пирамиде Хеопса есть надпись: «Люди погибнут от неумения пользоваться силами природы и от незнания мира».

Проблемы взаимодействия техносферы и биосферы, рассматриваемые в рамках экоцентрического подхода:

1. *Глобальные* - прогноз интенсивности технического развития и определение техногенных изменений в биосфере (выявление допустимых пределов воздействия на естественную среду, поиск техногенных закономерностей планетарного масштаба, определение оптимальных условий существования человека как биологического существа ит.п.);
2. *Региональные* — изучение состояний отдельных экосистем и их адаптационных возможностей в условиях технического развития;
3. *Локальные* - изучение основных параметров отдельных техногенных объектов и влияния характеристик их микросреды на жизнь людей.

Биосфера — своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и абиотическую область распространения живого вещества планеты, которая находится в непрерывном взаимодействии с этими организмами.

Экосфера — совокупность живых и неживых организмов (биосфера), взаимодействующих друг с другом и со своей неживой средой обитания (энергией и химическими веществами) в планетарном масштабе.

Компоненты природной среды: атмосфера, гидросфера, литосфера, биота.

Компоненты нельзя рассматривать по отдельности, так как они функционируют только вместе.

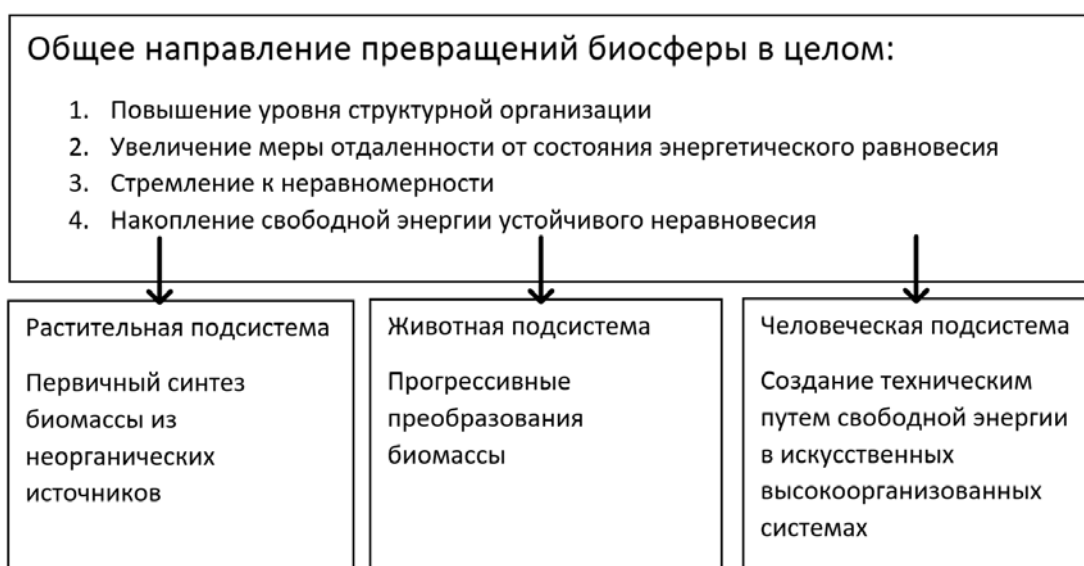
Сейчас все исследования, которые посвящены строению и функционированию биосферы, основываются на следующих тезисах:

- Биосфера — саморазвивающаяся система. Саморазвитие биосферы происходит благодаря расширенному воспроизводству ее собственной среды жизнеобеспечения. Большую часть сырья и энергии природа непрерывно

воспроизводит своими силами и средствами с помощью собственных естественных технологий

- Биосфера — многоструктурная система, представленная геологической, геохимической, экологической и биотической структурами
- В биосфере подавляющее большинство природных объектов является открытыми системами, обменивающимися энергией, веществом и информацией с окружающим миром, а определяющую роль приобретают неустойчивые, неравновесные состояния
- Биосфера - диссипативная структура, в которой порядок устанавливается через флуктуации, которые являются случайным отклонением величин от их среднего значения.

Функции и компоненты биосферы.



Рис

2.5. Функции биосферы.

Помимо функций, представленных в таблице, иногда отмечают функцию – поддержание жизни на Земле.

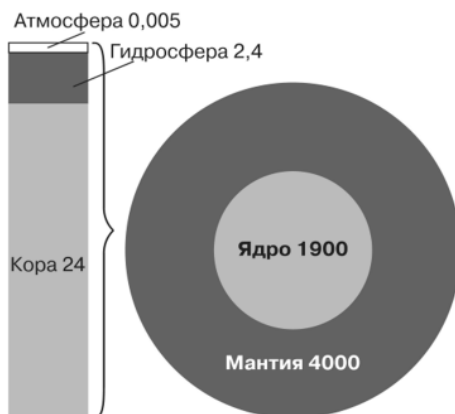


Рис 2.5. Относительные размеры основных резервуаров Земли.

Исходя из рисунка 2.5 атмосфера занимает меньших размер, а литосфера больший.

Компоненты планетарной природной среды образуют интегрированную систем воздуха, воды и твердых веществ, составляющих околоповерхностные среды нашей планеты, которые нельзя рассматривать изолированно.

Изменение свойств одного резервуара может незначительно сказаться на нем самом, но заметно повлиять на другой резервуар. Например, выброс сероводорода в гидросфере приведет к изменению состава атмосферы и негативных последствиям.

Характеристики атмосферы.

Несмотря на самый малый размер, атмосфера является самой жизнеобеспечивающей природной средой:

- Атмосферный воздух имеет неограниченную ёмкость
- Атмосферный воздух играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего агента взаимодействия вблизи поверхности компонентов биосферы
- Качество атмосферы определяет жизнь и здоровье людей, существование растительного и животного мира
- В атмосфере и ее облачном покрове поглощается около 18% излучения Солнца
- Химический состав поверхностных и подземных вод, главным образом, зависит от состояния атмосферы.

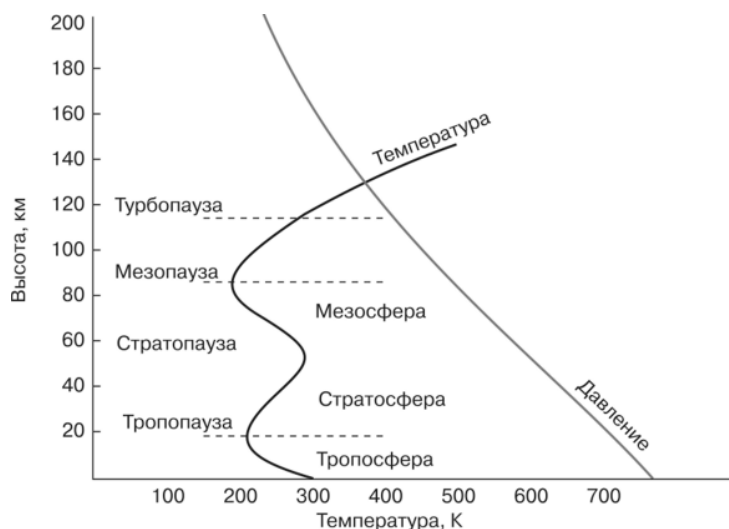


Рис 2.6. Изменение температуры и давления в вертикальном строении атмосферы.

Наиболее важны для функционирования биосферы – тропосфера и стратосфера. В тропосфере протекают все процессы жизнедеятельности, а в стратосфере расположен защитный озоновый слой.

Характеристики атмосферы, влияющие на уровень ее загрязнения:

- Устойчивость – сдерживание турбулентности
- Степень перемешивания – насколько часто меняется состав в локальных областях атмосферы.

Наиболее важные физико-химические процессы, протекающие в атмосфере:

- Тропосфера – окисление
- Стратосфера – фотохимическое окисление.

Вещества, инициирующие химические превращения в тропосфере и стратосфере:

Продукты фотолиза O_2 , O_3 , H_2O , NO_2 , N_2O .

С соответствиями с характеристиками атмосферы (температурным градиентом и коэффициентом турбулентной диффузии), было предложено разбить состояние атмосферы на 6 классов. Это было сделано к моменту, когда создавались модели рассеяния в атмосфере (распространение примесей). Описать рассеяние — значит определить концентрацию загрязняющего вещества в некой точке и определить расстояние от источника выброса до этой точки.

Таблица 2.4. Классы стабильности в соответствии с классификацией Паскуилла.

Класс устойчивости	Характеристика устойчивости	Описание	Скорость ветра, м/с	Температурный градиент (Т/З, град/100 м)
А	Очень неустойчивое состояние, сильно развита конвекция.	Очень солнечная тихая погода.	1	Менее -1,9
В	Неустойчивое состояние, умеренная конвекция.	Солнечно и тепло.	2	-1,9...1,7
С	Слегка неустойчивое состояние, слабая конвекция.	Переменная облачность в течение дня.	5	-1,7...1,5
Д	Безразличное нейтральное состояние.	Облачный день или облачная ночь.	5	-1,5...0,5
Е	Слегка устойчивое состояние, слабая конвекция.	Переменная облачность в течение дня.	3	-0,5...1,5

Конвекция – сильное перемешивание в среде. Кроме собственно характеристик атмосферы на состав и состояние влияет время пребывания в ней веществ, либо которые существуют в ней постоянно, либо привносятся антропогенным путем.

Долгоживущий реакционноспособный газ может переноситься на большие расстояния (трансконтинентальный перенос). Например, произошел выброс в Норильске, а следы его были обнаружены в Швеции.

Таблица 2.5. Продолжительность пребывания газов в нижней тропосфере.

Газ	Период выведения
Основные газы	
Азот	Непрерывно
Кислород	Непрерывно
Инертные газы	
Гелий	Непрерывно
Неон	Непрерывно
Реакционноспособные газы	
Оксид углерода	20-30 лет
Метан	5 дней
Муравьиная кислота	Несколько дней
Оксиды азота	1-7 дней
Аммиак	4 дня
Сероводород	40 дней
Диоксид серы	1 год
Хлороводород	1 день
Сероуглерод	30 дней

Гидросфера.

Гидросфера – прерывистая водная оболочка Земли, представляющая собой совокупность океанов, морей, рек, озер, болот и подземных вод.

97% запасов воды – соленая морская вода.

3% – пресная, из которой 2% – вода из ледников Арктики и Новой Зеландии.

Основные характеристики природных вод, влияющие на их свойства и физико-химические и биологические процессы в гидросфере:

1. Аномальные свойства воды
2. Повышенная миграционная способность
3. Продолжительность полного восстановления.

Основные реакции и процессы в гидросфере:

1. Кислотно-основное равновесие
2. Окислительно-восстановительные процессы.

В отличие от атмосферы, перемешивание воды происходит медленнее. Полное обновление в руслах рек происходит 16 дней, в болотах 5 дней, а влага почвы обновляется за 1 год.

Таблица 2.6. Средний состав природных вод.

Компонент	Содержание компонента в воде, млн ⁻¹ (мас.)		
	Мирового океана	речной	дождевой
Na ⁺	10660	5,8	1.1
Mg ²⁺	1270	3,4	0,36
Ca ²⁺	400	20	0,97
K ⁺	380	2,1	0,26
Cl ⁻	18980	5,7	1,1
SO ₄ ²⁻	2650	12	4,2
HCO ₃ ⁻	140	35	1,2

Карбонатная система в гидросфере:

1. Растворение CO₂ в воде:

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$$
2. Диссоциация H₂CO₃ по первой ступени:

$$\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$
3. Диссоциация HCO₃⁻ по второй ступени:

$$\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$$

Окислительно-восстановительные процессы. Основные типы геохимических обстановок в природных водах:

1. Окислительный — значения $E_h + (100-150)$ мВ, присутствие свободного кислорода, элементов в высшей форме степени окисления (Fe^{3+} , Mo^{6+} , As^{5+} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{4+})
2. Переходный окислительно-восстановительный — значения $E_h + (100-0)$ мВ, неустойчивый геохимический режим, переменное содержание H_2S и O_2 . В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов
3. Восстановительный — отрицательные значения E_h . В подземных водах присутствуют металлы низких степеней окисления (Fe^{2+} , Mo^{2+} , Mo^{4+} , V^{4+} , U^{4+}), а также сероводород.

Кислотно-основные состояния в природных водах определяют направленность многих химических процессов (растворение, гидролиз, комплексообразование, миграция, доступность для организмов, токсичность).

Литосфера.

Почва — естественно-историческое природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха, имеющее специфические генетико-морфологические признаки и свойства, обуславливающие рост и развитие растений.

Основополагающие качества почвы, определяющие ее экологические функции:

1. Почва служит средой обитания для огромного числа организмов
2. Почва является необходимым и незаменимым звеном и регулятором всех биогеохимических циклов. Через почву проходят элементы в биосфере, и почва их регулирует.

Главная функция почвы — обеспечение жизни на Земле. Именно в почве концентрируются и аккумулируются необходимые для жизнедеятельности продукты наземных экосистем и организмов биофильные элементы и запас воды в доступных им формах химических соединений.

Глобальные экологические функции почвы:

1. Регулирование всех потоков вещества в биосфере. Через почву осуществляется связь между системами биологической и геологической циркуляции элементов.
2. Регулирование состава атмосферы (через постоянный газообмен между почвой и атмосферой) и гидросферы (через избирательную эмиссию гидросферу круговороте воды и растворимых в воде химических веществ).
3. Накопление в почвенных органогенных горизонтах гумуса и связанной с ним химической энергии.

4. Защитная роль почвы по отношению к литосфере от воздействия экзогенных факторов.
5. Генерирование и сохранение биологического разнообразия благодаря большому разнообразию почвенных свойств и создания сред обитания для огромного числа организмов.

Нельзя допускать сокращения видового разнообразия более, чем на 5 условных единиц. Если сокращение превысило 5, то можно говорить об экологическом кризисе.

Механический состав почвы различается по природе элементов и размеру частиц. Состав влияет на два параметра:

Влагоемкость – способность почвы удерживать влагу, поступающую извне;

Водонепроницаемость – способность почв впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности.

По этим двум параметрам можно определить, как на данном типе почвы скажется загрязнение, например, разлив нефти.

Поглотительная способность – свойство поглощать (задерживать в себе) газы, жидкости, солевые растворы и твердые частицы.

В зависимости от проницаемости меняется количество сорбированного продукта. Гравий сорбирует наименьшее количество продукта, а глинистый песок наибольшее.

Системы поддержания жизни.

Чистая первичная продукция биосферы (ЧПП) – количество энергии, усвоено из солнечного света зелеными растениями и попавшей в живые ткани.

Из солнечной энергии, поступающей на Землю, усваивается лишь 4%.

Непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере по более или менее замкнутым путям называется *биогеохимическим циклом*. Необходимость такой циркуляции объясняется ограниченностью их запасов на планете. Чтобы обеспечить бесконечность жизни, химические элементы должны совершать движение по кругу. Круговорот каждого химического элемента является частью общего круговорота веществ на Земле, другими словами, все круговороты тесно связаны между собой.



Рис 2.7. Схема гидрологического цикла.

Основной физический цикл – гидрологический, включающий испарение воды с поверхности Земли в атмосферу и ее возвращение в виде осадков. Этот цикл также включает в себя поглощение воды растениями и последующее испарение.

Экосистемы — это безразмерные устойчивые системы живых и неживых компонентов, в которых совершается внешний и внутренний круговорот веществ и энергии.

Функция экосистемы (метаболизм) представляет собой циклический процесс фазовых превращений массы экосистемы — биологический круговорот вещества и энергии. В процессе метаболизма происходит превращение массы минеральных элементов в живую фитомассу и превращение отмершей биомассы в минеральные элементы.

В процессе эволюции цикл метаболизма биосферы был настолько точно отрегулирован, что степень разомкнутости системы «синтез—распад» у современных экосистем составляет сотые доли процента. Как правило, функции экосистем рассматривают на ограниченных участках – биогеоценозах.

Биогеоценоз — это участок земной поверхности, где биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и почвенного покрова, остаются однородными и образуют единый комплекс, объединенный круговоротом веществ и потоком энергии.

Гомеостаз — способность системы сохранять относительное постоянство, относительную замкнутость, устойчивость с помощью приспособительных механизмов, устраняющих или ограничивающих воздействие на систему факторов внешней и внутренней среды.

Механизм поддержания гомеостаза природных систем:

1. Постоянное взаимодействие с внешней средой, из которой система черпает энергию и вещество для своего функционирования
2. Функционирование внутренних процессов, осуществляющихся в виде круговоротов вещества при примерно постоянных энергетических затратах, преимущественно за счет рассеянных источников энергии.

Трофическая цепь – последовательная передача вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим. Три уровня: продуценты, консументы, редуценты.

Главная особенность жизни – способность концентрировать энергию, передавая ее вдоль пищевой (трофической) цепи. На переходе от уровня к уровню уменьшается количество энергии, остается только 10%. С другой стороны, увеличивается качество этой энергии.

Экологический фактор — это любое условие среды, способное оказать прямое или косвенное влияние на живые организмы, хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития.

Классификация экологического фактора по природе:

Абиотические факторы — все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы (свет, температура, давление, влажность, радиация и т.д.)

Биотические факторы — это прямые и опосредованные формы воздействия живых организмов друг на друга.

Антропогенный фактор — фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности (настоящей или прошлой) человека

Антропические факторы — факторы, возникающие в ходе непосредственного (прямого) воздействия человека на что-либо.

Классификация экологического фактора по степени постоянства его воздействия:

Первичные периодические факторы — явления, связанные с вращением Земли (смена времен года, суточная смена освещенности).

Вторичные периодические факторы — следствие первичных периодических факторов (влажность, температура, осадки, динамика растительной пищи (для животных), содержание растворенных газов в воде).

Непериодические факторы — факторы, не имеющие правильной периодичности, цикличности (почвенно-грунтовые факторы, разного рода стихийные явления, примеси в воде, почве и атмосферном воздухе, связанные с деятельностью промышленных предприятий).

Антропогенные воздействия на окружающую среду однозначно относятся к непериодическим факторам, которые могут проявляться внезапно и нерегулярно.

Биота – совокупность организмов, состоящая из растений, животных и микробов

Живой может быть названа динамическая система, которая активно воспринимает и преобразует молекулярную и сигнальную информацию с целью самосохранения. Важнейшее свойство всего живого — его способность к выполнению определенной работы по поддержанию *гомеостаза* окружающей среды.

Жизненные возможности лимитируются экологическими факторами, количество и качество которых близко к необходимому организму минимуму. Дальнейшее снижение или ухудшение этих факторов ведет организм к гибели.

«Закон минимума» - необходимо увеличить содержание в почве питательного вещества, находящегося в минимальном количестве. (Ю. Либих, 1840 г.)

Не только вещество, присутствующее в минимуме, может определять урожай или жизнеспособность организма, но и избыток какого-то элемента может привести к нежелательным отклонениям. (В. Шелфорд, 1910 г.)

Закон лимитирующих (ограничивающих) факторов: фактор, находящийся в недостатке или избытке, отрицательно влияет на организмы даже в случае оптимальных сочетаний других факторов.

Закон толерантности Либиха-Шелфорда: рост и процветание сообщества определяются тем экологическим фактором, значение которого ближе всего к границе области его толерантного существования.

Зависимость уровня жизнедеятельности сообщества от лимитирующего биогенного или токсичного элемента находят с помощью уравнения Михаэлиса. При воздействии токсичного элемента константа Михаэлиса непрерывно уменьшается, а оптимум не наблюдается.

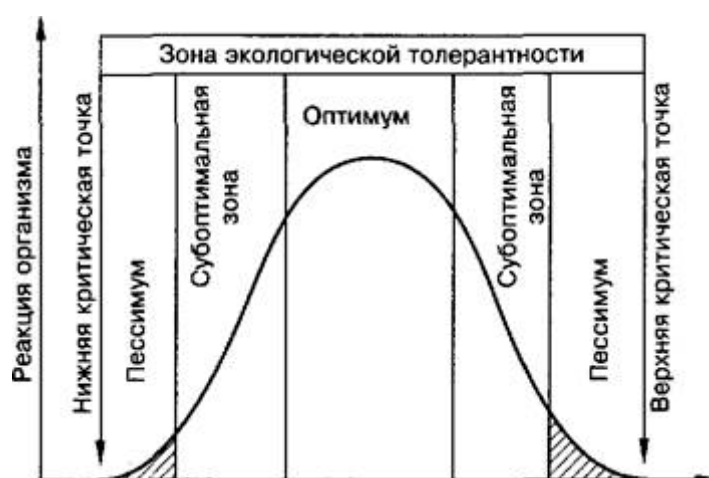


Рис 2.8. Пределы выносливости.

Критическим называют такое значение фактора вблизи границ интервала и такое соответствующее ему состояние организма, при которых возникающие нарушения еще обратимы. За пределами находятся летальные значения фактора.

Лекция 3. Качество природной среды

Благоприятная окружающая среда.

Благоприятной окружающей средой считают окружающую среду, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Часто понятие окружающей среды подменяют понятие природной среды.

Качество окружающей природной среды — такое состояние ее экологических систем, которое постоянно и неизменно обеспечивает процесс обмена вещества и энергии в природе между природой и человеком и воспроизводит жизнь.

Критерии качества природной среды – физические, химические, биологические и иные показатели состава природных сред:

- В атмосфере – соотношение природных компонентов (N_2 , O_2 , CO_2); соотношение газообразных загрязнителей (CO , CO_2 , SO_2 , NO , NO_2).
- В гидросфере – содержание растворенных химических элементов (Na , Ca , Cl_2 , O_2 , K); бактериологические и органолептические критерии.
- В почве – химический, минералогический, морфологический состав, содержание гумуса и живых организмов, содержание химических загрязнителей (тяжелые металлы).

Качество воды.

Показатель качества воды:

1. Значение рН: в ненарушенных условиях, в речных водах – 6,5-8,5; в атмосферных осадках – 4,6-6,1; в болотах — 5,5-6,0; в морских водах – 7,9-8,3; в зонах питьевого водопользования, рекреации, рыбохозяйственного назначения – 6,5-8,5.
2. Интегральные (расчетные) характеристики – минерализация и сумма ионов, сухой остаток (в питьевой воде суммарная минерализация не должна превышать величины 1 000 мг/л).
3. Окисляемость — величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых (при определенных условиях) одним из сильных химических окислителей: у пунктов питьевого водопользования величина ХПК < 15 мг О/л; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/л.
4. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) — характеризует тип геохимической обстановки:

- 1) Окислительный – $E_h + (100-150)$ мВ (свободный кислород, элементы в высшей форме своей степени окисления (Fe^{3+} , MO_6^{+} , As^{5+} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{4+});
- 2) Переходный окислительно-восстановительный – $E_h + (100-0)$ мВ (неустойчивый геохимический режим и переменное содержание H_2S , O_2 . В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов.
- 3) Восстановительный – отрицательные значения E_h (в подземных водах присутствуют металлы низких степеней окисления (Fe^{2+} , MO_2^{+} , MO_4^{+} , V^{4+} , U^{4+}), а также сероводород).

Контролируемые показатели качества воды:

Химическое потребление кислорода (ХПК) – это количество кислорода в миллиграммах или граммах на 1 л воды, необходимое для окисления углеродсодержащих веществ до CO_2 , H_2O и NO_3 ; серосодержащих веществ – до сульфатов, а фосфорсодержащих – до фосфатов.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – это количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени (5, 20 суток, независимо от времени) на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

Кроме того, эти показатели используют для прогнозирования эвтрофикации водоема. Эвтрофикация – усиленная способность воспроизводить жизнь в том или ином месте гидросферы, благодаря наличию соединений фосфора или азота. Если это растительное сообщество, то оно заменяется синезелеными водорослями, многие организмы не выносят соседства с ними.

По значению ХПК водоемы разделяют на классы. Очень чистая находится в ледниках. Для питьевых целей используют воду с показателем не более 15 мг кислорода на литр, то есть она может считаться грязной. Ее можно пить, потому что данная вода проходит глубокую очистку (водоподготовку), прежде чем поступить в водопровод. Вода из зон рекреации, в свою очередь, может содержать от 15 до 30 мг кислорода на литр. Таким образом, осуществляется контроль качества водной среды.

Таблица 3.1. Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязнения.

Степень загрязнения (классы водоемов)	ХПК, мг О/л
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3

Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Качество почвы.

Почва занимает центральное положение в экосистеме: через нее проходят потоки веществ из всех природных сред, которые она концентрирует в себе.

Критерии качества почвы наряду с ее естественными свойствами (минеральный состав) должны содержать следующие показатели:

1. Емкость катионного обмена (ЕКО, мг-экв/100г почвы) – его уменьшение свидетельствует о деградации почвы, уменьшения гумуса и т.п.
2. Кислотно-основные свойства – значение pH. Оптимальный диапазон pH для растений – от 5,0-5,5 до 7,0-7,5.
3. Динамика содержания гумуса – окисляемость органического вещества до CO₂ и H₂O. Определение содержания водорастворимых органических веществ.
4. Вторичное засоление почв (техногенное) – определение в почве и почвенных растворах легкорастворимых солей – это NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, MgSO₄ и др.
5. Осолонцевание почв – определение в почвах увеличения содержания обменного натрия.
6. Угнетение почвенной биоты – определение «дыхания почвы», или эмиссии почвой диоксида углерода (CO₂). определение ферментативной активности почвы.
7. Фитотоксичность почвы – оценка торможения ростовых процессов в условиях избыточного содержания тяжелых металлов.
8. Загрязнение почв нефтепродуктами – определение масштаба (площади) загрязнения, оценка степени загрязнения, выявление наличия токсичных и канцерогенных соединений.
9. Загрязнение почв тяжелыми металлами – определение общего содержания элементов, лабильных (подвижных) форм их соединений, или определение обменных форм и водорастворимых соединений.

Персистентность опасного вещества в почвах – время его разрушения или выведения из почвы под влиянием процессов различной природы:

- Высокоопасные (Тп свыше 1 года);
- Умеренноопасные (Тп от 0,5 до 1 года);
- Малоопасные (Тп до 0,5 года).

Устойчивость природной среды.

Устойчивость природной системы:

1. Нечувствительность объекта к внешнему воздействию (или резистентность).
2. Способность системы возвращаться в исходное состояние после прекращения воздействия.

Более устойчивая экосистема может выдерживать и более высокий уровень антропогенной нагрузки без существенного снижения ее качества и, наоборот, потеря устойчивости вызывает необходимость сокращения хозяйственной деятельности.

Ассимиляционная (поглотительная) способность биосферы – ее ассимиляционный потенциал по отношению к выбросам вещества и энергии, поступающим в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности. Ассимиляционный потенциал не вечен и обусловлен характеристиками биосферы, о которых говорилось в предыдущих лекциях.

Подходы, которые позволяют выразить устойчивость математически, – методы Ляпунова и Лагранжа. Эти утверждения основаны на принципах адаптационной устойчивости, когда система может возвращаться внутри границ своего существования к исходному состоянию.

Устойчивость по Ляпунову: устойчивой считается экосистема, которая может достаточно длительное время существовать и развиваться при разрушающих внешних воздействиях без ущерба для основных ее элементов (например, без вымирания и деградации биологических видов).

Устойчивость по Лагранжу: при внешних воздействиях экосистема способна развиваться в определенных границах, определяющих зону «нормальных» значений ее состояний.

Было предложено производить количественную оценку устойчивости территории на основе индекса устойчивости. В него входит относительное изменение нагрузки на экосистему, где есть исходное состояние, текущее состояние и некое изменение этого состояния.

Водно-болотные угодья и леса – типичные примеры биологически-устойчивых систем. Для людей, устойчивость окружающей среды обеспечивает потенциал для поддержания качества жизни и продолжения рода, общего благополучия и развития (через экологический, экономический и социальный аспект). Здоровые экосистемы поставляют продукты, необходимые для жизни людей и других организмов.

Количественная оценка устойчивости территорий:

Индекс устойчивости: $I = 1 - \left| \frac{\Delta S}{\Delta F} \right|$

Относительное изменение уровня нагрузки на экосистему (ее общий показатель):

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_0}{S_0};$$

S₁– исходное состояние; S₀ – текущее состояние экосистемы.

Относительное изменение обобщенного показателя состояния системы (по перечню определяющих его характеристик): $\Delta F = \frac{F_1 - F_0}{F_0}$

F₀ – предыдущий уровень нагрузки; F₁ – текущий уровень нагрузки.

При $\Delta S \ll \Delta F$ $I \rightarrow 1$ система устойчива

При $\Delta S \rightarrow \Delta F$ $I \rightarrow 0$ система неустойчива.

Качество окружающей природной среды обеспечивается самой природой путем *саморегуляции, восстановления, самоочищения* от вредных для нее веществ.

Самовосстановление природной экосистемы – самостоятельный возврат природной экосистемы к состоянию динамического равновесия, из которого она была выведена воздействием природных и антропогенных факторов.

Самоочищение – естественное разрушение загрязнителя в среде в результате процессов, происходящих в экосистеме.

Природные механизмы сохранения качества и устойчивости окружающей природной среды:

- Литосфера, гидросфера: разбавление, обменная и необменная сорбция, миграция веществ.
- Атмосфера: разбавление, седиментация, сорбция (например, поглощение некоторых газов растениями), вымывание (осадками), нейтрализация, связывание, прямой вынос из атмосферы на поверхность земли («сухое осаждение»).
- Территория: механический вынос загрязнителя, физико-химическое разрушение загрязняющего вещества (интенсивность солнечной радиации, температура, влажность, кислотность, окислительно-восстановительные условия), фиксация загрязняющего вещества в данном ландшафте (физико-химический и механический состав, сорбционная емкость, наличие геохимических барьеров, тип геохимической арены и т.д.)

Критерий допустимой экологической нагрузки – отсутствие снижения продуктивности, развития и многообразия экосистемы.

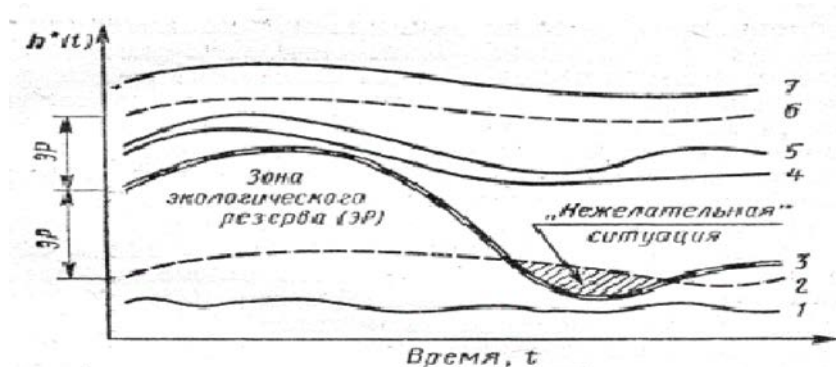


Рис 3.1. Допустимая нагрузка на экологическую среду.

Состояние элементов некоторой экологической системы во времени ($h^*(t)$) при различных нагрузках:

- 1 и 7 – нижний и верхний критические пределы изменений;
- 2 и 6 – нижний и верхний пределы допустимых изменений (пределы воздействия на систему);
- 5 – возбужденное состояние системы;
- 3 – функция фактического состояния системы при антропогенном воздействии;
- 4 – нормальное состояние системы.

Данный график напоминает закон толерантности и лимитирующих факторов, где функция благополучия принимает максимальное значение в зоне оптимума. Но график 3.1 является разверткой этого закона, здесь учитывается время, а в законе толерантности картина была статической. На рисунке 3.1 тоже есть критические пределы, за которыми невозможно доказать существование какой-либо жизни в биогеоценозе.

Зона экологического резерва (2-6) не должна превышать интервал допустимых нагрузок.

Метод оценки критерия допустимой экологической нагрузки на территорию:

$$U \leq T_3$$

U – природоемкость техносферы (производства), территории (совокупность объемов хозяйственного изъятия и поражения местных природных ресурсов, загрязнения природной среды, другие формы угнетения реципиентов, в том числе здоровье людей).

$T_э$ – экологическая техноёмкость территории (максимальная техногенная нагрузка, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность всех реципиентов и экологических систем без нарушения их структурных и функциональных свойств).

$K_э \leq U/T_э$ – кратность превышения экологической техноёмкости территории.

$K_э \leq 0,3$ – обстановка считается благополучной.

$K_э \approx 1$ или < 2 – обстановка считается критической.

$K_э \geq 10$ – обстановка крайне опасная.

Но данное предложение по получению оценок не основное, а лишь одно из существующих.

Экологический мониторинг.

Чтобы поддерживать качество и устойчивость природной среды, существует служба экологического мониторинга.

Экологический мониторинг – система наблюдений за изменениями среды, вызванными антропогенными причинами, которая позволяет прогнозировать развитие этих изменений, и способная представить необходимую информацию для принятия решений соответствующими службами, ведомствами, организациями.

Задача мониторинга – обеспечение систем управления экологической безопасности и природоохранной деятельности достоверной информацией, на основании которой могут быть произведены: оценка показателей состояния и функциональной целостности природной среды; выявление причин отклонения показателей состояния и оценка последствий таких изменений; определение и принятие решений для ликвидации причин отклонения показателей и предупреждение негативных ситуаций.

Основные направления деятельности экологического мониторинга:

- Наблюдения за факторами, воздействующими на природную среду, и за состоянием среды.
- Оценка фактического состояния природной среды.
- Прогноз и оценка состояния природной среды.

Основные виды мониторинга:

- Санитарно-гигиенический – контроль загрязнения природной среды и сопоставления ее качества с гигиеническими ПДК.

- Экологический – оценка и прогноз антропогенных изменений в экосистемах в целом и ответной реакции на эти изменения.
- Климатический – служба контроля и прогноза климата (охватывает атмосферу, океан и ледяной покров).

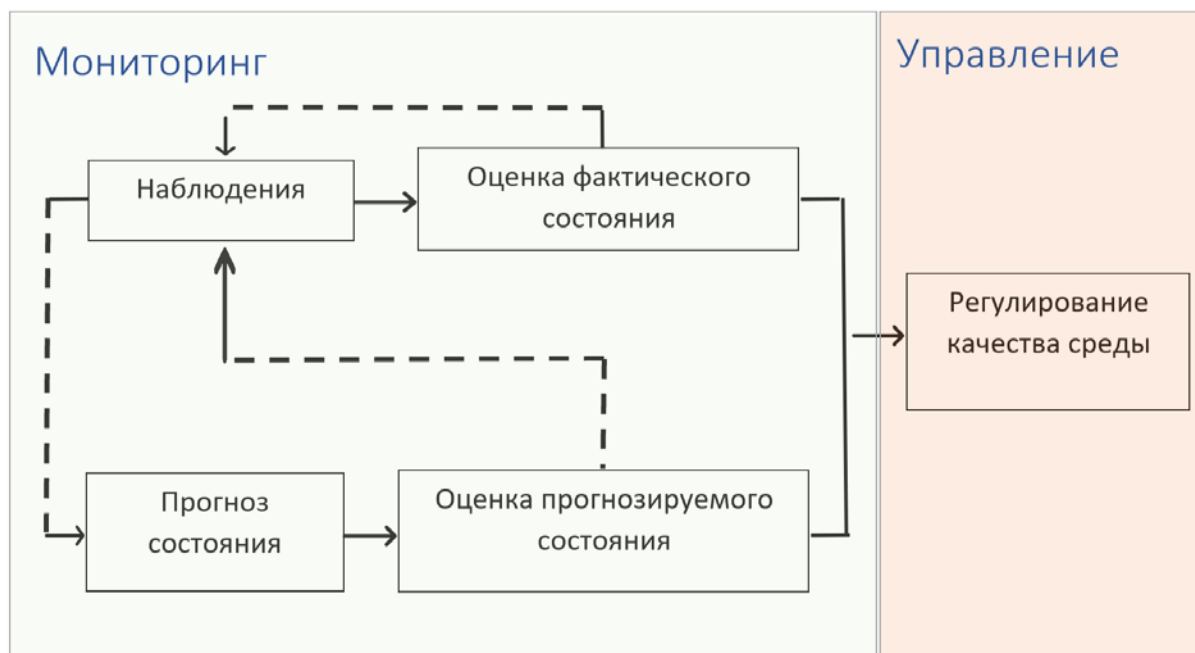


Рис 3.2. Структура системы экологического мониторинга.

Структура экологического мониторинга такая же, как и для любого вида мониторинга (например, социального). Между прогнозом, оценкой и наблюдением есть прямые и обратные связи, потому что неблагоприятные результаты дают основание вводить новые системы или обработки данных, чтобы прогноз соответствовал реальному состоянию.

Из блока «Мониторинг» данные уходят в блок «Управление», который дает возможность регулировать качество среды. Если получены отклонения от нормального качества, то можно предпринять управленческие действия по его изменению и возвращению системы в ее нормальное состояние.



Рис 3.3. Классификация видов мониторинга.

Не стоит забывать, что к мониторингу источников также относится использование ресурсов и готовой продукции.

Мониторинг не несет функцию контроля, но эта функция неразрывно связана с наблюдениями. На основе мониторинга, в соответствии с существующими стандартами, можно проводить контроль качества продуктов, контроль эмиссии. Также на основе наблюдения за природными средами и имеющихся сведений о процессах в ней, осуществляется контроль качества среды.

Например, наблюдение за состоянием здоровья населения и ориентирование на стандарты по качеству здоровья позволяет предпринимать управляющие воздействия, чтобы состояние реципиентов находилось в границах нормы.

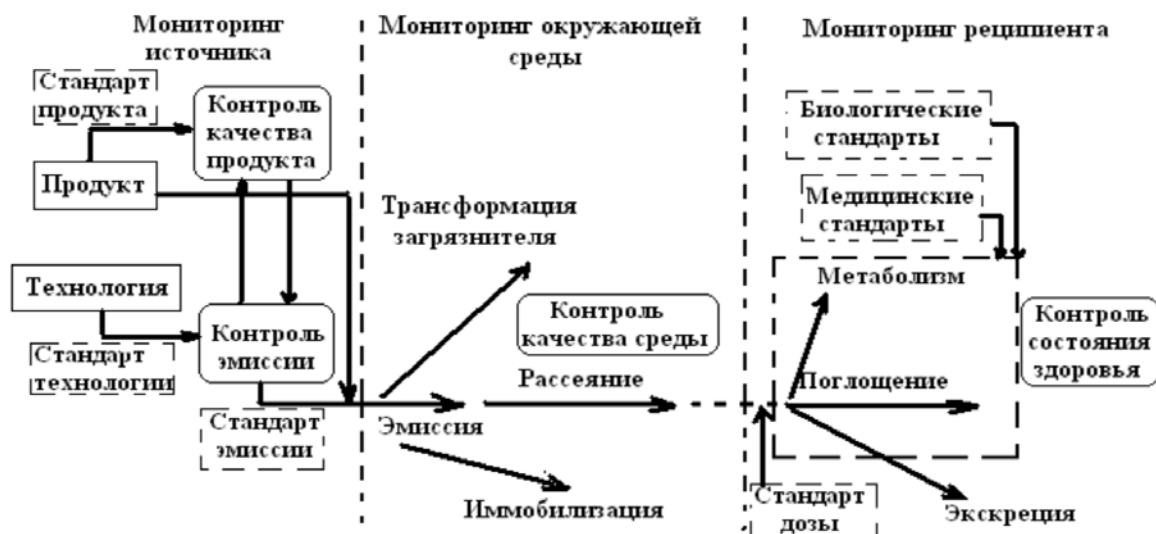


Рис 3.3. Совмещение функций мониторинга и контроля при техногенном загрязнении природной среды.

Географическая информационная система и технологии (ГИС) – современная компьютерная информационная система, способная анализировать, хранить, обрабатывать, предоставлять доступ и визуализировать пространственные данные и сопутствующую информацию.

Наиболее информативными являются сведения, представленные на картографической основе. Эти данные можно получать в непрерывном режиме.

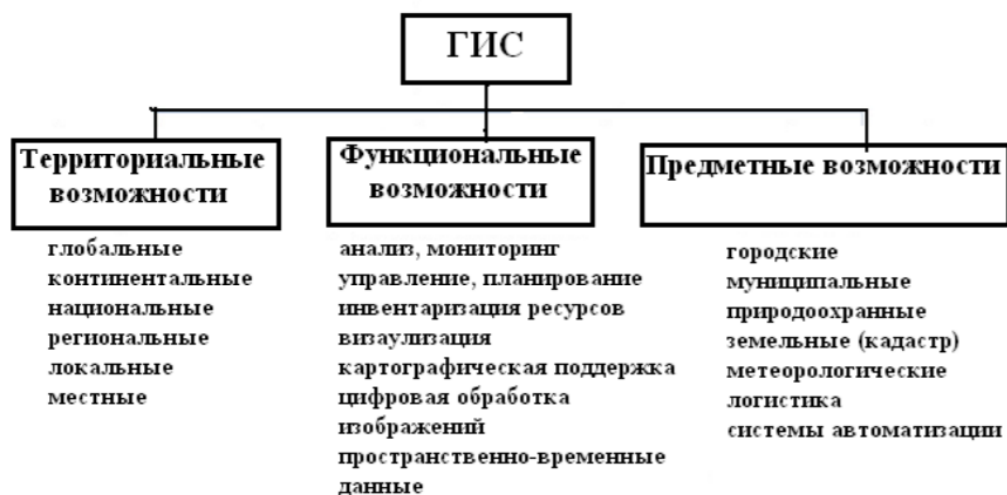


Рис 3.4. Структура географических информационных систем.

В концепции устойчивого развитие одним из тезисов выдвигалось принятие двух основных принципов:

«*Экологический императив*» – обязательные для любого сообщества пределы допустимых, не разрушающих целостности экосистем воздействий на биосферу.

«*Экоразвитие*» – экологически ориентированное социально-экономическое развитие, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением среды обитания и деградацией природных систем.

Принципы управления взаимодействием техносферы и биосферы:

1. Основным методологическим принципом взаимодействия общества и природы должен быть принцип оптимального соответствия общества и природной среды.
2. Поддержание целостности биосферы может рассматриваться как второй методологический принцип.
3. Принцип компенсации соответственно значениям меры потребления природных компонентов можно рассматривать как третий важнейший методологический принцип обеспечения экологической безопасности.
4. Принцип комплексности и экологической обоснованности принимаемых решений диктует необходимость доминирования долгосрочных решений.

Техногенная опасность.

В этой дисциплине во многих областях еще нет устоявшихся четких терминов. Многие определения носят понятийный характер.

Опасность (potential loss) – ситуация, постоянно присутствующая в окружающей среде и способная в определенных условиях привести в ней к появлению нежелательного события.

В англоязычной литературе также встречается понятие expected loss – ожидаемые потери.

Опасность – это свойство окружающей человека среды, состоящее в возможности при определенных условиях (случайного или детерминированного характера) создания негативных воздействий, явлений или процессов, способных привести к нежелательным последствиям для жизнедеятельности, т.е. самого человека и (или) окружающей его среды:

- Отклонению здоровья человека от среднестатистического значения, т.е. к его заболеванию или даже смерти;
- Ухудшению состояния окружающей человека среды в виде нанесения материального или социального ущерба;
- Нанесения прямого или косвенного ущерба третьим лицам.

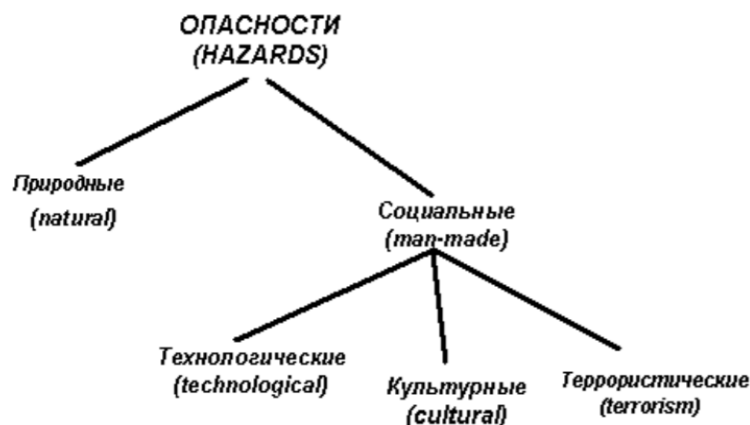


Рис 3.5. Обобщенная классификация опасностей.

Если подходить к классификации с разных точек зрения, она становится достаточно широкой. Классификация опасностей по ряду классификационных признаков:

1. По природе происхождения: природные, техногенные, антропогенные, экологические, социальные, смешанные;
2. Производственные опасности: физические, химические, биологические, радиационные, психофизиологические, организационные;
3. По времени проявления отрицательных последствий: импульсивные (кратковременное воздействие, например, авария) и кумулятивные (накопление в живом организме и суммирование действия некоторых веществ и ядов);
4. По месту локализации в окружающей среде: связанные с атмосферой, гидросферой, литосферой;
5. По сфере деятельности человека: бытовые, производственные, спортивные, военные, дорожно-транспортные и т.д.;
6. По виду приносимого ущерба: социальный, технический, экономический, экологический и т.д.;
7. По характеру воздействия на человека: активные (оказывают непосредственное воздействие на человека путем заключенных в них энергетических ресурсов); пассивно-активные (активизирующиеся за счет энергии, носителем которой является сам человек, неровности поверхности и др.); пассивные – проявляются опосредованно (свойства, связанные с коррозией материалов, недостаточной прочностью конструкции т.п.); добровольные (занятия горнолыжным спортом, альпинизмом) и принудительные: (нахождение вблизи места реализации опасностей);
8. По структуре (строению): простые (электрический ток, повышенная температура) и производные – порожденные взаимодействием простых (пожар, взрыв и т.п.);

9. По сосредоточению: сконцентрированные (место захоронения токсичных отходов) и рассеянные (загрязнение почвы осажденными из атмосферы выбросами).

Техногенная опасность – состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих (или вредных) воздействий на человека и окружающую среду источника техногенной аварии, чрезвычайной ситуации (ЧС) или в процессе нормальной эксплуатации этих объектов, которые приводят к прямому или косвенному ущербу для человека или окружающей среды.

Усиление техногенной опасности:

Эффект «домино» – цепной механизм вовлечения в аварию промышленного предприятия других свойственных современным технологиям опасностей (в первую очередь опасных веществ и энергозапаса).

Угроза – степень возможности реализации опасности для рассматриваемого объекта, возможность воздействия негативных факторов (непосредственная опасность возникновения определенных бедствий, невзгод и т.д.)

Угрозы характеризуются: возможностью воздействия на конкретные объекты негативных факторов; причинением конкретным объектам в результате этого вреда.

Угрозы отражают взаимодействие:

- Объекта или субъекта, по отношению к которому существует потенциальная опасность;
- Среды, в которой находится субъект/объект, и которая может влиять на реализацию опасности

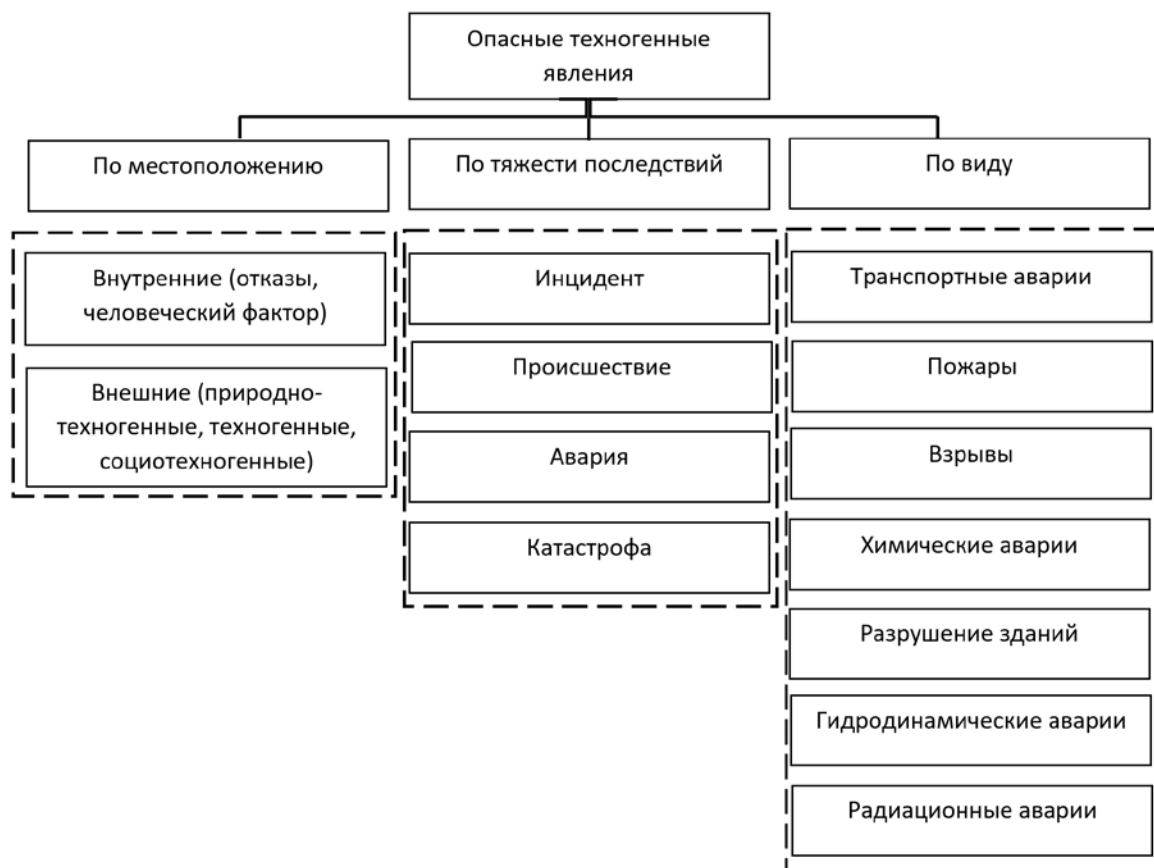


Рис 3.6. Классификация опасных техногенных явлений.

Характеристики техногенной опасности:

Потенциал опасности – количество опасных веществ, запасенной энергии;

Качество – специфические особенности воздействия на организм человека (токсическое, термическое, барическое и другое воздействие);

Продолжительность воздействия на человека – кратковременное (жертвы, несчастные случаи); длительное – (хронические заболевания);

Вероятность появления – разовые опасные явления (аварийные): опасные явления, происходящие с определённой частотой, постоянно действующие (систематические);

Размер зоны действия – от локального очага до глобальных масштабов (континентальные переносы).

Распределение опасных явлений по силе воздействия:

Сила воздействия – действующая на данный объект нагрузка U (случайная величина).

$$F_i(u) = P(U_i < u)$$

Где U_i – случайная величина, описывающая действующую нагрузку (уровень

силы воздействия, параметр воздействующего (вредного, поражающего) фактора);

P - вероятность того, что случайная величина U_i примет значение, меньшее u ;

Критерий наступления опасного события $u \geq u_{кр}$. Превышение нагрузки его критического значение. Например, превышение стойкости материала его предела разрушения.

Где $u_{кр}$ – критериальное значение

Степень опасности определяется из условия превышения определенного уровня воздействия для каждой формы негативного последствия.

Если события, за которыми наблюдают на определенной территории, повторяются с некой частотой, и можно собрать статистическую базу, то строится распределение и подбирается закон этого распределения. К найденному распределению уже подбирают параметры.

Частота (повторяемость) опасных явлений:

По статистическим данным находится частота (возможность) реализации опасных явлений с силой $u \geq u_0$.

$$\lambda_{0i} = \frac{1}{\tau_i (i = 1 \dots n)}, 1/\text{лет}$$

τ_i – повторяемость опасных явлений между опасными явлениями.

Вероятность $P(\Delta t)$ хотя бы одной реализации редкого события за интервал времени Δt :

Вероятностный закон распределения Пуассона

$$P(\Delta t) = 1 - P(0) = 1 - e^{-\lambda \Delta t}$$

λ – частота реализации

Год – 1.

Условия реализации закона Пуассона:

- Ординарности (за достаточно малый промежуток времени не происходит более одной реализации).
- Стационарность (частота реализации не изменяется в течение интервала времени)
- Отсутствие последствий (после очередной реализации опасного явления их частота не изменяется).

Распределение (регулярность) в пространстве:

- Сосредоточенные источники опасности с известными координатами (стационарные объекты и др.);
- Распределенные источники опасности с неизвестными координатами (железные и автомобильные дороги, трубопроводы и др.)

Продолжительность и регулярность действия – частота реализации или повторяемость опасных явлений, их цикличность:

- Кратковременно действующие (опасные природные явления, техногенные аварии и катастрофы);
- Продолжительно действующие (постоянное загрязнение окружающей среды при функционировании в нормальном режиме промышленных объектов ит.п.);
- Регулярно (циклично) действующие (сбросы газов на факел и т.п.);
- Случайные.

Источник опасности – ограниченный в некоторой области пространства процесс, деятельность или состояние определенного объема окружающей человека среды, способные привести к реализации опасности и возникновению в окружающей среде негативных воздействий на людей, объекты техносферы и природную среду.

Окружающая природная среда (природные процессы и явления);

Нарушение внутренней среды техногенного объекта (отказы оборудования, нарушения технологического режима);

Другие техногенные объекты (аварии на близлежащих техногенных объектах, последствия эффекта «домино»);

Общество (персонал, несанкционированные нарушения, терроризм).

«Фактор опасности» («Опасный фактор») – определенная составляющая какого-либо опасного процесса или явления, вызванного источником опасности.

Фактор опасности характеризуется физическими, химическими, физико-химическими, биологическими, экономическими, социальными и другими параметрами, которые при определенных уровнях и условиях их проявления могут привести к негативным вредным или поражающим воздействиям для здоровья человека и окружающей среды.

По виду факторы опасности подразделяют на:

- Экологические (обусловлены причинами природного характера);
- Техногенные (обусловлены хозяйственной деятельностью людей);
- Социально-экономические (обусловлены недостаточным уровнем социально-экономического развития общества);
- Военные;

- Природные - опасные природные явления и воздействия (наводнения, землетрясения, ураганы и другие).

Негативное воздействие возникает при реализации опасных явлений, уровень которых приводит к ущербу для здоровья человека (ранению, болезни, смерти), к неработоспособному состоянию техногенных объектов (повреждение, разрушение), к ухудшению качества окружающей среды (загрязнение).



Рис 3.7. Варианты реализации опасности.

Техногенная система – это самостоятельная система, в структуру которой входят промышленные, коммунальные, бытовые, природные, аграрные объекты, относительно устойчивые и самостоятельные, функционирующие как единое целое на основе определенного типа обмена веществом и энергией, информацией.

Техногенный объект – объект, созданный человеком в процессе производственно-хозяйственной деятельности, который может являться потенциальным источником вреда, техногенной аварии или катастрофы, которые характеризуются причинением ущерба социальной экономической и природной среде.

Техническая система (технический объект) – совокупность технических объектов (технических элементов), находящихся между собой в определенных связях и образующих определенную целостность.

Лекция 4. Техногенная и химическая опасность

Потенциально опасные производственные объекты.

Потенциально опасный производственный объект (ПОО) – предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

- Получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные), а также вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;
- Используется оборудование, работающее под давлением;
- Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- Получаются расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- Ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Опасный производственный объект (ОПО) – промышленный объект (предприятие, цех, участок, площадка, а так же иной производственный объект), представляющий потенциальную опасность жизни и здоровью людей, их имуществу, природной среде, которая может реализоваться в случае аварии.

Нормальные режимы эксплуатации – проектные режимы производства, предусмотренные регламентом его работы. Нарушение нормальных режимов эксплуатации вызывается любым отклонением от регламента работы, которое требует остановки объекта или его части для ликвидации этого отклонения, но не связано с введением в действие систем технологической безопасности.

Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ (ст. 1 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97).

Другие допустимые определения аварии:

Авария (accident) (от итал. «Avaria»; от араб. «Авар» – повреждение, ущерб) – нежелательное событие в процессе хозяйственной деятельности, выход из строя, повреждение какого-либо технического устройства или сооружения, сопровождающееся нарушением производственного процесса или функционирования системы и связанное с опасностью для человеческой жизни, материальными потерями, нарушениями в окружающей среде.

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте определенной территории или акватории угрозу жизни, здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также нанесению ущерба окружающей среде (ГОСТ Р 22.0.05-94).

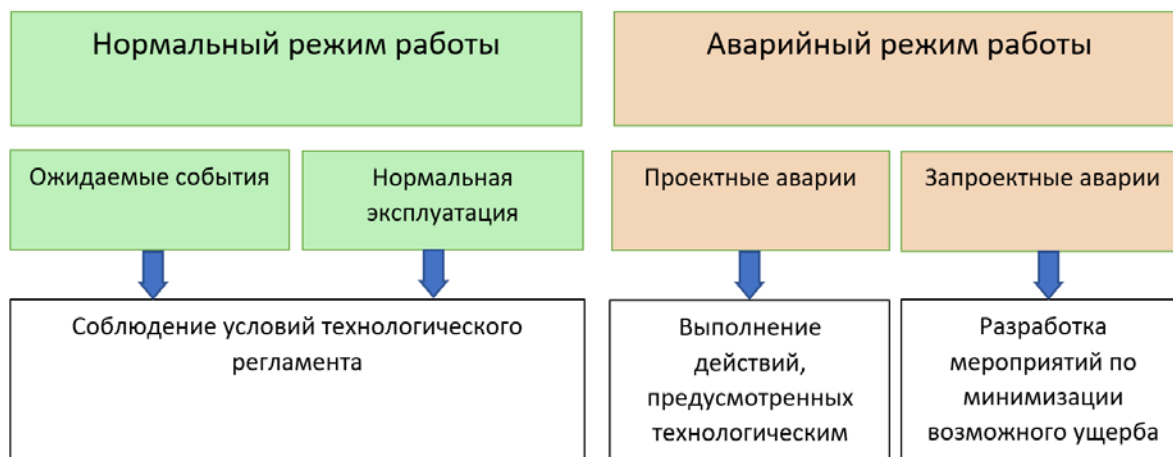


Рис 4.1. Эксплуатационные режимы работы техногенного объекта.

Ожидаемые при эксплуатации события – события, связанные с предусмотренными технологией выбросы в количествах, которые не вызывают нарушение технологического режима и не требуют специальных действий по предотвращению негативного воздействия.

«Проектная» авария – возможность появления исходных событий, ведущих к авариям, предусмотрена при проектировании соответствующего производства. Ситуации, которые обозначены в проекте производства при его разработке. Для таких случаев предусматриваются специализированные системы технологической безопасности, рассчитанные на последствия этих проектных аварий, и необходимые действия, при которых предусмотрены в технологическом регламенте.

«Запроектные» аварии – возможность возникновения определяется исходными событиями, вероятность которых меньше, чем вероятность исходных событий для проектных аварий. Для запроектных аварий в проектах не предусматриваются технологические меры обеспечения безопасности объекта. Запроектные аварии связаны со значительными разрушениями и могут привести к попаданию в окружающую среду больших объемов опасных веществ. Запроектные аварии не предусмотрены в регламенте, их вероятность очень мала (приближается к 10^{-6}).

Факторы опасности.

Формы реализации техногенной опасности:

Контролируемое или неконтролируемое высвобождение энергии (кинетической, взрывной, тепловой, световой, электрической, электромагнитной), накопленной в объекте.

Контролируемый или неконтролируемый выброс веществ (радиационно-, химически- и биологически опасных);

Разрушение необходимых или возникновение опасных (вредных) потоков информации (в управляющих, контролирующих, оповещающих системах объектов).

Негативное воздействие – возникает при реализации опасных явлений, уровень которых приводит к ущербу для здоровья человека (ранению, болезни, смерти), к неработоспособному состоянию техногенных объектов (повреждение, разрушение), к ухудшению качества окружающей среды (загрязнение).

Воздействие – любые потоки вещества, энергии и информации, непосредственно образующиеся в окружающей среде или возникающие в результате антропогенной деятельности.

Систематическое воздействие – воздействие негативных факторов в нормальном режиме эксплуатации техногенного объекта;

Условия проявления опасности в случае нормального (регламентного) режима эксплуатации характеризуются детерминированным характером проявления последствий.

Вредный фактор – негативный фактор, сопровождающий нормальное функционирование промышленного объекта или формирующийся в результате загрязнения окружающей природной среды.

Аварийное воздействие – воздействие негативных факторов при нарушении нормального режима эксплуатации техногенного объекта. Проявление воздействий носит случайный характер.

«Фактор опасности» («опасный фактор», «негативный фактор») – определенная составляющая (параметр) какого-либо опасного процесса или явления, вызванного источником опасности, которая при определенных уровнях и условиях ее проявления могут привести к негативным вредным или поражающим воздействиям (to be exposed to...) для здоровья человека и окружающей среды.

По природе опасные факторы подразделяют на: экологические (физические, химические, биологические, биохимические параметры биотических или абиотических факторов); техногенные (физические, химические, параметры опасных техногенных явлений); социально-экономические (экономические, социальные параметры, обусловленные недостаточным уровнем социально-экономического развития общества); военные; природные (физические параметры опасных природных явлений).

Поражающий фактор (LOAD) – физические, химические и другие процессы и явления, сопровождающие опасное явление (аварию) и оказывающие поражающее действие на людей, технику, сооружения, объекты природной среды. Различные объекты в силу их особенностей подвергаются воздействию различных поражающих факторов.

Классификация поражающих факторов по механизму возникновения:

Первичные поражающие факторы непосредственно вызываются возникновением источника техногенной аварии или чрезвычайной ситуации (ЧС);

Вторичные поражающие факторы вызываются изменением объектов окружающей среды – первичными поражающими факторами.

Таблица 4.1. Факторы, определяющие величину вреда опасного явления.

Опасное явление	Поражающий фактор	Параметр воздействующего фактора
Землетрясение	Обломки зданий и сооружений	Скорость распространения волны. Максимальное значение массовой скорости грунта. Время нарастания напряжения в волне до максимума
Взрыв	Воздушная ударная волна	Избыточное давление во фронте ударной волны. Длительность фазы сжатия. Импульс фазы сжатия.
Пожар	Тепловое излучение	Энергия теплового излучения. Мощность теплового излучения. Время действия источника теплового излучения
Химическая авария	Химическое заражение	Концентрация опасного химического вещества в среде. Продолжительность воздействия .

Метафорический пример действия опасного фактора: если через пламя горящей свечи быстро пронести руку, то человек не получит ожог или вообще ничего не почувствует. Но если держать руку на небольшом расстоянии над пламенем, то возможно получить ожог. Высокая температура здесь – опасный фактор, а поражающие факторы (LOAD) – это время, температура и расстояние. Эти три условия дадут величину воздействующего фактора.

В отношении воздействия на организм человека (техногенный, экологический объект) эти факторы могут быть объединены под общим термином *воздействующий фактор* (load – нагрузка).

По природе поражающие факторы делятся на 2 типа. Поражающие факторы физического действия:

- Воздушная ударная волна
- Обломки или осколки
- Тепловое излучение

Поражающие факторы химического действия:

Токсическое действие опасных химических веществ



Рис 4.2. Основные характеристики негативных техногенных факторов.

Пространственное распределение уровней воздействующего фактора:

$F_{кр}(u) = P(U_{кр} < u)$ – функция распределения критической нагрузки



Рис 4.3. Пространственное распределение уровней воздействующего фактора.

Воздействие начинается от источника опасности. По мере удаления от него можно выделить разные уровни воздействия (от 1 до 5), поэтому появляются разные зоны поражения с соответствующими уровнями опасности. Уровень опасности может проявляться в терминах числа пострадавших людей или разрушенных зданий. Если объект или человек находится вне рассматриваемых зон, то опасности от данного фактора нет.

Опасные явления подчиняются закону распределения по силе (слабые, сильные, экстремальные). Для событий явлений слабой силы чаще всего применяют распределение по Гауссу. Для экстремальных ситуаций (с малой вероятностью возникновения, но большим ущербом) используют распределение Парето и биномиальное.

Последствия техногенных опасностей.

Последствия техногенных опасностей – результат воздействия вредных и/или поражающих факторов, сопровождающих негативное событие, на человека, объекты экономики, социальную сферу, окружающую природную среду, а также возникшие новые черты сложившейся обстановки, характеризующие изменившиеся условия, возможности, отношения, связи и т.д.

Классификация последствий (ущербов) по объекту воздействия негативных факторов:

- Медико-биологический (жизни и здоровью конкретных людей);
- Экологический (природной среде);
- Материальный, экономический, моральный (физическим и юридическим лицам, организациям);
- Социально-экономический (социально-экономической системе);

- Социально-политический (государству).

Ущерб для окружающей среды:

- Загрязнение воды
- Загрязнение почвы
- Загрязнение воздуха

Ущерб для объекта:

- Прямые материальные потери
- Недовыпуск продукции
- Расходы на ремонт и восстановление
- Возмещение убытков потребителей

Ущерб для человека:

- Жертвы
- Травмы
- Заболевания

Критерии тяжести природных и техногенных катастроф:

Локальные – с числом пострадавших менее 10 человек;

Местные – от 10 до 50 человек;

Территориальные – от 50 до 100 человек;

Региональные – от 100 до 200 человек;

Федеральные – свыше 200 человек.

Характеристики объекта:

Подверженность – характеристика ситуации, из-за которой может возникнуть ущерб, или другие формы последствий реализации опасности.

Уязвимость – определенный уровень подверженности объекта (любой природы: технический объект, человек, экологический объект, компания и др.) той или иной угрозе.

Стойкость – свойство объекта сохранять свои параметры в пределах установленных допусков и выполнять свои функции во время и после действия внешних нагрузок.

Защищенность – способность объекта противостоять поражающим воздействиям, ослабляя их интенсивность.

Происшествие – любое незапланированное действие, которое привело или могло бы привести к несчастному случаю на производстве, смертельному случаю, пожару, взрыву или иному событию, имеющему влияние на бизнес предприятия (компаний, организации и т.п.).

Инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на производственных объектах, отклонения от технологических режимов, которые могли бы стать причиной аварии, материального ущерба для устройств, применяемых на производстве, травматизму персонала.



Рис 4.4. Пирамида потерь.

Норвежская компания DNV построила пирамиду потерь, которая говорит, что на одно смертельное происшествие приходится 600 происшествий без травм или происшествий. Это говорит о том, что рассмотренные характеристики объекта позволяют не каждый раз подвергаться наиболее опасным последствиям.

Ущерб – это оцененные последствия. Оценка ущерба заключается в определении его величины в натуральном или денежном выражении (экономическая оценка ущерба).

Совокупный ущерб:

$$P_o = P_{н.б.} + P_{о.р.} + P_{н.в.} + P_{с.э.}$$

P_o – совокупный ущерб

$P_{н.б.}$ – потери части национального богатства

$P_{о.р.}$ – потери из-за отвлечения ресурсов на компенсацию последствий аварий

$P_{н.в.}$ – потери из-за неиспользования возможностей вследствие аварии (упущенные экономические выгоды)

$P_{с.э.}$ – социально-экономические потери (выплата пособий по временной нетрудоспособности, пенсий лицам, ставшими инвалидами и т.п.)

Ущерб – результат негативного изменения каких-то событий, явлений, действий состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств; фактические или возможные социальные и экономические потери (отклонение здоровья человека от среднестатистического значения, т.е. его болезнь или даже смерть; нарушение процесса нормальной хозяйственной деятельности; утрата собственности, других материальных, культурных, исторических или природных ценностей и т.д.) и/или ухудшение природной среды или в окружающей человека среде.

Полный техногенный ущерб (в денежном выражении) – совокупность издержек, возникающих в результате затрат на восстановление вышедшего из строя оборудования, его простоя, потерь добываемой продукции, увеличения заболеваемости людей (или их гибели), снижения их работоспособности, ухудшения условий жизни снижения продуктивности природных ресурсов.

Допустимый ущерб – не приводит к снижению уровня жизни, не превышает средств, имеющихся для возмещения ущерба.

Недопустимый ущерб – снижает уровень жизни ниже приемлемого уровня, не может быть возмещен за счет средств, имеющихся для возмещения.

Критический ущерб – снижает уровень жизни ниже критического уровня, и не только не может быть возмещен за счет отведенных на это средств, но превышает расчетную сумму бюджетных средств (прибыль).

Катастрофический ущерб – ведет к утрате дееспособности, банкротству, прекращению существования.

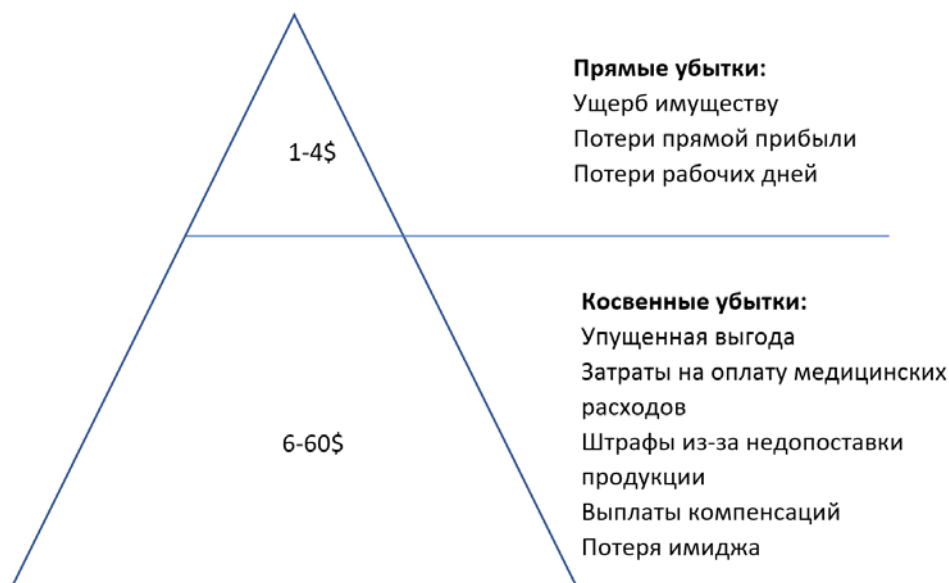


Рис 4.5. Соотношение прямых и косвенных убытков при авариях.

Прямые убытки гораздо меньше, чем косвенные, которых больше и по количеству.

Химическая опасность.

Химическая опасность – опасность, связанная с химическими веществами или процессами.

Отличительные характеристики химической опасности:

- Различный масштаб реализации в пространстве (последствия реализации ограничены в пространстве от сотен метров до десятков и более километров)
- Значительный масштаб последствий для людей (в типичных случаях масштаб последствий превышает десять пострадавших)
- Крупномасштабное воздействие на биосферу (изменение климата, разрушение озонового слоя и др.)
- Специфические эффекты воздействия (токсическая опасность)
- Неспецифические эффекты воздействия (взрывы и пожары)
- Комплексные эффекты изменения параметров окружающей среды (воздействия разной природы на здоровье людей, загрязнение биосферы).

Химически опасный объект (ХОО) – объект, на котором получают, хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасное химическое вещество и при аварии или разрушении которого могут произойти гибель или химическое поражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

К химически опасным объектам относятся:

- Заводы и комбинаты химических отраслей промышленности, отдельные установки (агрегаты) и цеха, производящие и потребляющие опасные химические вещества
- Заводы (комплексы) по переработке нефтегазового сырья
- Производства других отраслей промышленности, использующие опасные химические вещества (целлюлозно-бумажной, текстильной, металлургической, пищевой и др.)
- Железнодорожные станции, порты, терминалы и склады на конечных (промежуточных) пунктах перемещения опасных химических веществ
- Транспортные средства (контейнеры и наливные поезда, автоцистерны, речные и морские танкеры, трубопроводы и т.д.)

Опасное химическое вещество (ОХВ) – химическое вещество, прямое или опосредованное действие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

Аварийно-химически опасные вещества (АХОВ) – обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсические химические вещества, способные в случае разрушений (аварий) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей.

Некоторые опасные химические вещества: хлор, трихлорэтилен и тетрахлорэтилен, аммиак, бензол, ртуть, синильная, серная, уксусная, азотная кислоты, сероуглерод, фосген, сернистый ангидрид, фенол, акрилонитрил, метанол, метан, олеум, сероводород, гидразин, фосфор трехсернистый и др.

Наиболее опасными считают: оксиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения, металлорганические соединения, соединения фосфора, ртуть, бензол, пестициды, нитраты, полихлорированные дифенилы, органические растворители, амины, альдегиды, хлор и его производные, и др.

Любое химическое производство – объект повышенной химической опасности. Во-первых, из-за своей структурной особенности. Каждое химическое производство представляет собой структурную схему функционирования производства с учетом непрерывного сопряжения тепла и массообмена между объектами технологической цепочки и окружающей средой. Каждый цех или установка соединены этими потоками, кроме того, у них есть пути передачи энергии с окружающей средой. Во-вторых, элементы технологической цепочки соединены трубопроводами, газопроводами и др.

Специфические особенности химических производств, обуславливающие повышенный техногенной (химической) опасности:

1. Использование агрегатов большой единичной мощности, в которых сконцентрирован большой энергетический и материальный потенциал химических веществ

2. Многообразие различных производственных сред с повышенной токсичностью, горючестью, воспламеняемостью и склонностью к коррозии
3. Использование оборудования, работающего в экстремальных условиях (высокая или слишком низкая температура производственных сред, высокое давление и значительное разряжение в аппаратах, большие скорости движения, колебания элементов оборудования и др.)
4. Использование потенциально опасных процессов химической технологии
5. Наличие крупнотоннажных складов хранения сырья и готовой продукции с большими количествами опасных химических веществ
6. Выбросы в природную среду опасных химических веществ при нормальном и аварийном режимах эксплуатации
7. Наличие большого числа структурных элементов разного назначения, от надежности и безотказности которых во многом зависит безаварийность объекта в целом
8. Наличие автоматизированных систем управления, автоматических системы защиты и мониторинга, оснащенных современной вычислительной техникой.

Потенциально опасные процессы химической технологии:

- Переработка и получение токсичных веществ
- Переработка и получение взрывоопасных веществ и смесей
- Процессы, протекающие с большой скоростью
- Неконтролируемые химические реакции
- Смешанные процессы

Химическая опасность, связанная с хранением больших количеств опасных веществ:

- Периоды времени на хранении может находиться более 100 тысяч тонн жидкого аммиака
- На предприятиях по производству средств химической защиты растений более 300 тонн хлора
- На складах серной промышленности запасы комовой серы могут достигать 40-50 тысяч тонн
- На складах фосфорной промышленности – 6-10 тысяч тонн жидкого фосфора
- На складах нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий хранятся от 5 до 50 тысяч тонн нефти и нефтепродуктов.

Классификация химических производств по механизму причинения ущерба и по временной характеристике: вредные и потенциально опасные.

Вредные для здоровья: опасность формируется при длительном воздействии в процессе нормальной эксплуатации.

Потенциально опасные: опасность наступает при кратковременном воздействии в случае аварий.

Для химических производств независимо от механизма причинения вреда и временной характеристики при нормальном режиме функционирования и при авариях опасность определяется уровнями воздействующих факторов, площадью и степенью загрязнения прилегающих к объекту территорий.

Нормальный (регламентный) режим эксплуатации:

1. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ в виде газов, аэрозолей и мелких твердых частиц (зола, сажа, пыль)
2. Сброс в водную среду и непосредственное загрязнение поверхности почв и растительности загрязняющими веществами в жидкой растворимой или нерастворимой форме
3. Захоронение отходов антропогенной деятельности

Аварийный режим эксплуатации:

1. Залповые выбросы опасных химических веществ в атмосферу с последующим заражением воздуха, местности и водоисточников
2. Сброс больших объемов опасных химических веществ в водоемы
3. Пожар с поступлением опасных химических веществ и продуктов их горения в окружающую среду
4. Взрывы с участием опасных химических веществ, сырья для их получения или исходных продуктов
5. Образование зон токсической опасности с последующим осаждением опасных химических веществ в виде «пятен» по следу распространения облака зараженного воздуха, возгонкой и миграцией.

Химические аварии.

Определение по нормативным документам:

Химическая авария – авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений, или к химическому заражению окружающей природной среды (ГОСТ Р 22.0.05-94).

Химическая авария – нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу химически опасных веществ в атмосферу в количествах, представляющих опасность для жизни и здоровья людей, функционирования биосферы.

Типовые причины техногенных и химических аварий:

- Нарушение установленных норм и правил при проектировании и эксплуатации
- Нарушение технологии производства
- Отказы техники
- Отклонения от нормальных условий эксплуатации
- Ошибки персонала

– Внешние воздействия

К внешним воздействиям можно привести пример – пожар на соседней установке и возникновение эффекта домино.

Наиболее распространенные иницирующие события химических аварий:

1. Разгерметизация соединений аппаратов и трубопроводов
2. Разрушение стенок и потеря герметичности резервуаров для хранения химических веществ
3. Повышение давления свыше критического
4. Образование трещин в стенках реактора или резервуара
5. Разрушение разрывных мембран
6. Роль человеческого фактора.

Иницирующие события, связанные с качеством материала:

1. Изменения структуры материала, из которого изготовлены емкости для хранения опасных веществ, аппараты, трубопроводы и т.п.
2. Накопление дефектов (микротрещин). В таких случаях может наблюдаться увеличение уровня опасности со временем: если в начальной стадии эксплуатации динамика роста уровня опасности, вследствие старения материала, была незначительна, то в последующем временном интервале фактор старения материала может стать определяющим.

Примеры отклонений от нормального режима:

1. Изменение соотношения подаваемых компонентов: рост скорости химического превращения веществ, увеличение количества выделяемого тепла, подъем температуры, ускорение побочных реакций, интенсивное газовыделение и пр.
2. Снижение (или отсутствие) расхода хладагента, подаваемого для охлаждения: снижение теплоотбора, увеличение температуры и тд.
3. Отсутствие перемешивания: накопление непрореагировавших компонентов, интенсивный рост скорости реакции, нарушение температурного режима
4. Попадание посторонних продуктов в аппарат: ускорение побочных реакций, нарушение температурного режима и тд.
5. Нарушение состава исходных компонентов: изменение соотношения реагирующих веществ, увеличение скорости химического превращения веществ и тд.
6. Нарушение режима удаления газов или паров: увеличение давления

Отклонения возникают при отказах средств автоматизации, оборудования, регламентирующего подачу, или в результате ошибок обслуживающего персонала

«Человеческий фактор» – совокупность социально-экономических способностей человека, степень реализации которых обусловлена мотивацией и отношением человека к процессу трудовой деятельности, его моральной и материальной заинтересованностью в высокопроизводительном труде.

Ошибки персонала – непреднамеренное воздействие на управляющие органы и пропуск правильного действия или непреднамеренное неправильное действие при техническом обслуживании систем, важных для безопасности.

Причины ошибок персонала – непропорциональное соотношение личностных возможностей человека при заданных условиях профессиональной деятельности и возникающих нагрузках (требованиях).

Ошибочное решение – неправильное непреднамеренное выполнение или невыполнение ряда последовательных действий из-за неверной оценки протекания технологических процессов.

Причины ошибочного решения – в экстремальной ситуации физические и психологические нагрузки достигают такого уровня, при которых оператор теряет способность к рациональным действиям, решениям, адекватным сложившейся ситуации.

Специфический класс опасных действий – несанкционированные, злоумышленные действия персонала или других лиц.

Фазы развития химических аварий:

1. Фаза инициирования (период индукции, накопление механических повреждений оборудования, отклонений от заданных режимов эксплуатации и т.п.), что создает предпосылки для аварии. Продолжительность – минуты, сутки или годы. Эта фаза имеет особую значимость, так как именно на этой стадии возможно предотвращение развития аварии. На следующих стадиях у операторов не бывает возможности эффективно предотвратить аварию.
2. Фаза развития (быстрое выделение энергии (упругой, ядерной, тепловой и др.) и ее трансформация в другие виды энергии. Эта фаза характеризуется потерей контроля за процессами, протеканием неконтролируемых реакций, формированием опасных факторов. Операторы пытаются восстановить нормальный ход технологического процесса, но, не обладая полной информацией, зачастую только усугубляют развитие аварии.
3. Фаза разрушения защитных оболочек и выхода поражающих факторов за защитные барьеры (диссипация выделившейся энергии в окружающей среде). На этой фазе неожиданное событие, иногда совсем незначительное, играет роль толчка, после которого техническая система перестает подчиняться людям, и происходит катастрофа.

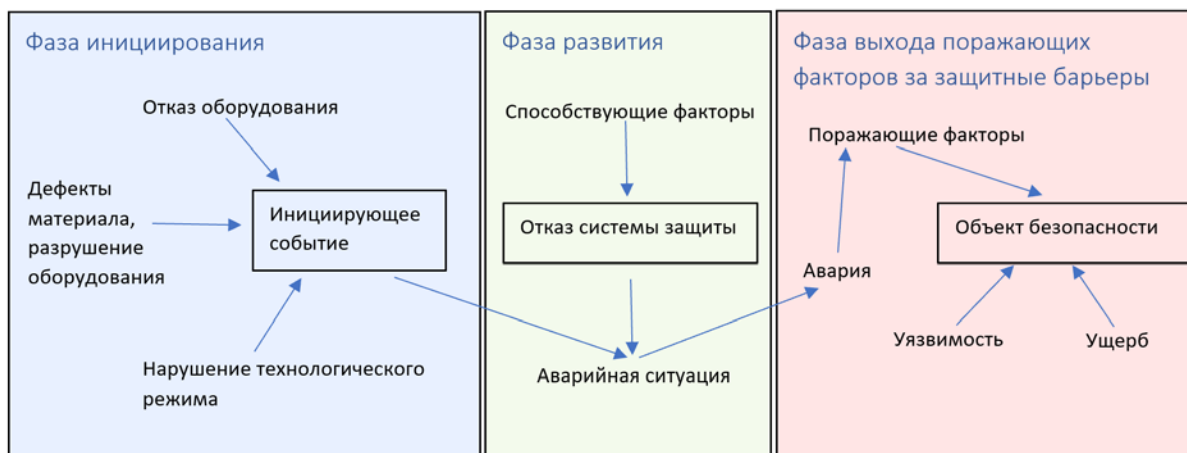


Рис 4.6. Схема реализации химической аварии.

Источники опасности на химически опасном объекте.

Отличительная особенность химических аварий – это формирование целого ряда поражающих факторов. Например, выброс конденсирующихся веществ с осаждением, взрыв с образованием зоны барического поражения, пожар с образованием зоны термического поражения, сброс или разлитие веществ на почву, залповый выброс.

При химических авариях, сопровождающихся выбросами или проливами жидкостей, в результате быстрого (1-3 мин) перехода в атмосферу части химически опасного вещества из емкости при ее разрушении образуется первичного облако. Вторичное облако ХОВ образуется в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Виды поражающих факторов при химических авариях:

- Термическое воздействие (воздействие избыточной термической нагрузки)
- Токсическое воздействие на человека (воздействие избыточной токсичной нагрузки)
- Фугасное воздействие (воздействие избыточной нагрузки ударной волны)
- Осколочное действие (воздействие избыточной нагрузки энергии осколков и частей разлетающихся фрагментов оборудования и т.п.)
- Вредное экологическое воздействие на окружающую среду.

К категории наиболее тяжелых химических аварий на складах относятся аварии при хранении сжиженных углеводородов. Образуется сразу несколько источников опасности, например, образование горящего бассейна, горячей струи, испарение жидкости, облака выброса. Взрыв паров вскипающей жидкости (BLEVE – boiling liquid expanding vapor explosion) приводит к разрушению емкостей и появлению «огненных шаров», способных дрейфовать по ветру.

Аварии на нефтехимическом производстве также приводят к тепловым поражениям и загрязнению территорий. Иницилирующими событиями могут служить коррозионные износы, механические повреждения, внешние природные воздействия и эффект «домино», таким образом происходит разгерметизация оборудования. Далее, как правило, следует выход двухфазного потока и образование воздушного облака, которое может сразу взорваться и перейти в «огненный шар». Если пожара нет, то воздушное облако будет оказывать только токсичное воздействие.

Крупные аварии с участием углеводородов:

Авария на нефтеперерабатывающем заводе в г. Мехико (Мексика, 1984 г.) – разгерметизация трубопровода в хранилище сжиженного нефтяного газа (СНГ). В течение 1,5 часов произошло около 15 сильных эффектов BLEVE в нескольких резервуарах. Произошло воспламенение пара, и образовался «огненный шар», погибло около 500 человек, значительно больше людей получили ожоги и травмы.

Аварии во Фликсборо (Великобритания, 1974 г.) – установка по преобразованию циклогексана в циклогексанол и циклогексанон. В результате повышения давления и разгерметизации произошло мгновенное испарение и образование облака паров циклогексана массой 56 т, которое впоследствии воспламенилось и взорвалось. В аварии погибли 28 человек, 36 человек, находившихся на территории и еще 53 человека вне ее получили ранения. Большинство зданий на территории серьезно пострадали, многие были полностью разрушены.

Авария в Сан-Карлосе (Испания, 1978 г.) – разгерметизация автоцистерны с пропаном. Погибло 215 человек.

Авария под Уфой (Россия, 1989 г.) – разгерметизация продуктопровода ШФЛУ вблизи железнодорожной линии. Погибло более 500 человек и ранено более 600 человек (пассажиры двух проходящих в этот момент поездов).

Неконтролируемые химические реакции могут быть причиной возникновения химической аварии. Наиболее частое развитие неконтролируемых реакций:

- Возрастание давления при увеличении температуры
- Термическое разложение реагентов или продуктов

Пример аварии по причине неконтролируемой реакции:

Бхопал, 1984 г. корпорация «Юнион Карбайд» (Индия). Катастрофическая химическая авария, произошедшая в результате возникновения неконтролируемой химической реакции. В результате неконтролируемой химической реакции из первоначально содержащихся в резервуаре 41 т МИЦ через предохранительный клапан в атмосферу было выброшено около 30-35 т МИЦ, продуктов его разложения, возможно, некоторых

жидкостей и твердых веществ. В результате аварии погибли 4035 человек, отравления получило свыше 200 тыс. человек. Материальный ущерб по некоторым подсчетам ставил более 50 млн. долл. МИЦ в 2-5 раз токсичнее фосгена и в 25-30 раз токсичнее хлора.

Загрязнители природной среды.

Загрязнитель (экополлютант) – любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом микроорганизмы), попадающие в окружающую среду или возникающие в ней в количествах, выходящих за рамки своей обычной концентрации – предельных естественных колебаний или среднего природного фона в рассматриваемое время.

Наиболее значимые пути поступления загрязняющих веществ в природные среды: выбросы в атмосферу, сброс в водную среду, загрязнение поверхности почв, захоронение отходов.

Временные характеристики воздействия химических загрязнителей – промежуток времени между воздействием химического загрязнителя и периодом восстановления нормального качества природной среды после прекращения негативного воздействия:

Продолжительное воздействие: $T_v < T_k$

Периодическое воздействие: $T_v \approx T_k$

Разовое воздействие: $T_v > T_k$

Лекция 5. Общие представления о риске

Высокотоксичные поллютанты.

При нормальном режиме работы химического производства в окружающую среду выбрасывается спектр опасных химических веществ. Вредные выбросы включают в себя азотные соединения, серные, хлорные, фосфорные, производные уксусной кислоты, ацетона, метанола и т.д. Опасные химические вещества сказываются на здоровье и показателе качества окружающей среды.

Здоровье – это процесс сохранения и развития биологических, физиологических, психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности при максимальной продолжительности жизни.

Здоровье населения (популяционное) здоровье в среднем на 50-52% зависит от экономической обеспеченности и образа жизни людей; на 20-22% – от наследственных факторов; на 7-12% – от уровня медицинского обслуживания; на 18-20% – от состояния окружающей среды (ВОЗ, 1990). Неблагоприятные условия среды обуславливают от 25 до 33% заболеваний, регистрируемых в мире (ВОЗ, 1999). Влияние качества среды обуславливает 40-50% причин заболевания (другие оценки).

Заболеваемость – статистический показатель, определяемый как отношение числа заболевших людей к средней численности населения на территории наблюдения в период, к которому относится расчет этого показателя:

$$З = \frac{P(N_3)}{N}$$

З – заболеваемость, 1/год

$P(N_3)$ – частота заболевания, человека/год

N – численность населения, человек.

Выбросы химических веществ не только влияют на здоровье людей, но и приводят к экономическим потерям. Среди потерь можно выделить такие категории как загрязнение воздуха, загрязнение воды, разрушение почв и шум.

Экотоксикант – химическое вещество, накапливающееся в среде в несвойственном ей количестве, достаточном для инициации токсического процесса в биоценозе.

Ксенобиотик – чужеродное для данного организма или сообщества вещество, способное вызвать нарушение нормального протекания биологических процессов, заболевания (экстремально) гибель живого организма (сообщества).

Экотоксическая опасность – потенциальная способность вещества в конкретных условиях вызывать повреждение биологических систем при попадании в окружающую среду.

Экотоксикология – учение о вредных эффектах химических веществ на экосистемы.

Токсикология окружающей среды – исследования прямого действия загрязнителей окружающей среды на человека.

Некоторые наиболее опасные ксенобиотики

- I. Хлорированные углеводороды (высокотоксичные ксенобиотики):
 1. Хлорированные бифенилы – смесь бифенилов, частью или полностью замещенные атомами хлора (ПХБ)
 2. Алифатические хлорированные углеводороды, включающие циклические углеводороды (например, гексахлорциклогексан (ГХГЦ)) и нециклические (например, дихлорэтан)
 3. Ароматические хлорированные углеводороды (ДДТ, гексахлорбензолы (ГХБ))
 4. Хлорированные продукты диенового синтеза (альдрины, дильдрин).
- II. Диоксины (суперэкотоксиканты):
 1. Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД); (2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (ТХДД) (в 67 тысяч раз ядовитее цианистого калия и в 500 раз стрихнина)
 2. Полихлорированные дибензофураны (ПХДФ).
- III. Полициклические ароматические углеводороды (безусловные канцерогены, мутагены):
 1. Бензапирен (БП) и другие ПАУ (безусловные канцерогены и мутагены).
- IV. Тяжелые металлы (высокотоксичные и токсичные экополлютанты):
 1. Приоритетная группа тяжелых металлов: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, висмут, олово, ванадий, сурьма.

Таблица 5.1. Длительность периода существования экополлютантов.

Поллютант	Период полуразрушения	Среда
ДДТ	10 лет	Почва
ТХДД	9 лет	Почва
Атразин	25 месяцев	Вода
Бензоперилен	14 месяцев	Почва
Фенантрен	138 дней	Почва
Карбофуран	45 дней	Вода
Фосфорилтиохолины	21 день	Почва (t + 15°)
Иприт	7 дней	Почва (t + 15°)
Зарин	4 часа	Почва (t + 15°)

Опасность ксенобиотиков выражается не только токсичностью, но и длительным периодом существования, он измеряется месяцами или годами. Иприт и зарин являются химическими боевыми оружиями, это самые опасные загрязнители. Вторая характеристика ксенобиотиков – это *эффект запаздывания проявления воздействия*. Аммиак и хлор проявляют свои воздействия мгновенно, а такие вещества как дихлорпропан через десятки лет.

В 1980 году 1,2-дихлорпропан попал в грунтовые почвы, и в 2020 году он вышел в грунтовые воды (40 лет). Только к 2080 году экополлютант может быть полностью выведен из окружающей среды.

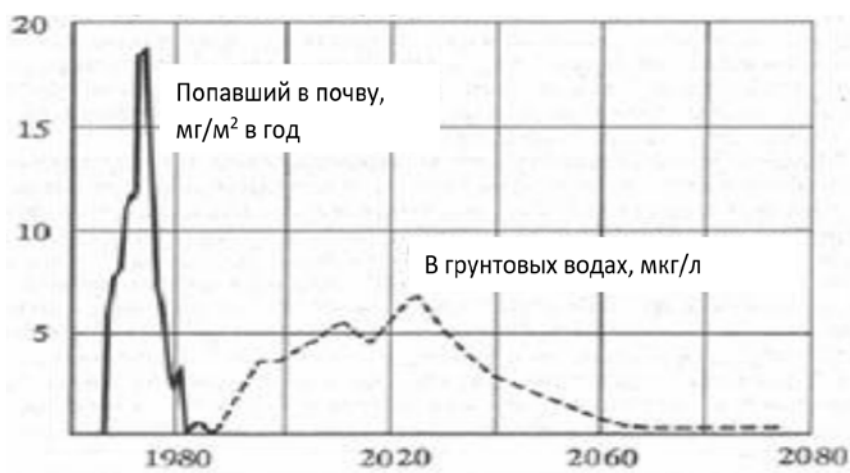


Рис 5.1. Эффект запаздывания на примере дипропана.

Движение и превращение загрязняющих веществ в природной среде – миграция из одной среды в другую, аккумуляция в средах, биотическая и абиотическая трансформация, метаболизм, вымывание с осадками, разложение, сорбция, окисление и др.

«Первичные» загрязнители – загрязняющие вещества, непосредственно выброшенные в окружающую среду.

«Вторичные» загрязнители – загрязняющие вещества, образующиеся в результате химических, фотохимических и биохимических реакций в природных средах.

Аддитивность (эффект суммации) – сходное однонаправленное неблагоприятное воздействие загрязнителей на организм, равное простой сумме эффектов воздействия каждого загрязнителя в отдельности (фенол и ацетон, валериановая, капроновая и масляная кислоты, озон, диоксид азота и формальдегид).

Синергизм – эффект взаимного усиления действующих факторов (хлорофос в щелочной среде, Hg, Cd, Pb, S, NO и хлорфенолы).

Антагонизм – ослабление суммарного эффекта (кислота и щелочь).

Биоконцентрация – увеличение концентрации загрязнителя при транспорте или миграции загрязнителей по пищевой цепи.

Биоаккумуляция – процесс, накопления организмами токсикантов, извлекая их из абиотической фазы (воды, почвы, воздуха) и из пищи (трофическая передача).

Соотношение концентрации в тканях и в среде. Например, фактор биоаккумуляции в тканях рыбы для ДДТ равен 127000, а для трихлорбензола 183.

Абиотическая и биотическая трансформации ксенобиотиков.

Абиотическая трансформация

3 основных абиотических фактора: фотолиз, гидролиз и окисление.

Тиофос под влияние света переходит в фосфакол, более опасное вещество, которое угнетает ферменты организмов. Под влиянием гидролиза тиофос переходит в менее токсичное соединение.

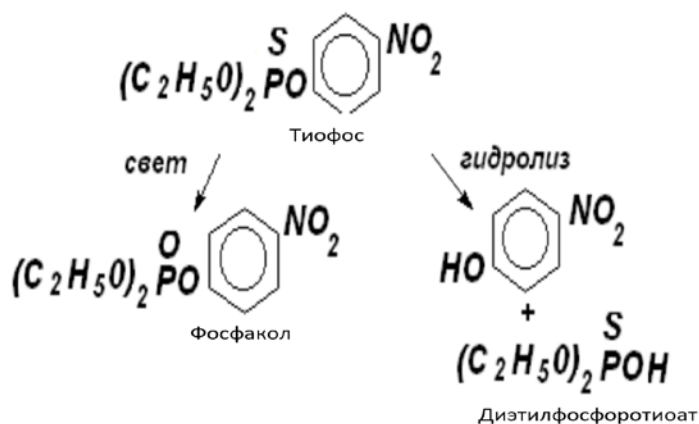


Рис 5.2. Абиотическое превращение тиофоса в природных средах.

Другой пример воздействия света: 2,4,5-трихлоруксусная кислота (малотоксичное соединение) → 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-р-диоксин (высокотоксичное соединение).

Биотическая трансформация

Процессы биопревращений веществ с участием микроорганизмов, ферментов – окисление, гидролиз, дегалогенирование, расщепление циклических структур, деалкилирование и т.д.

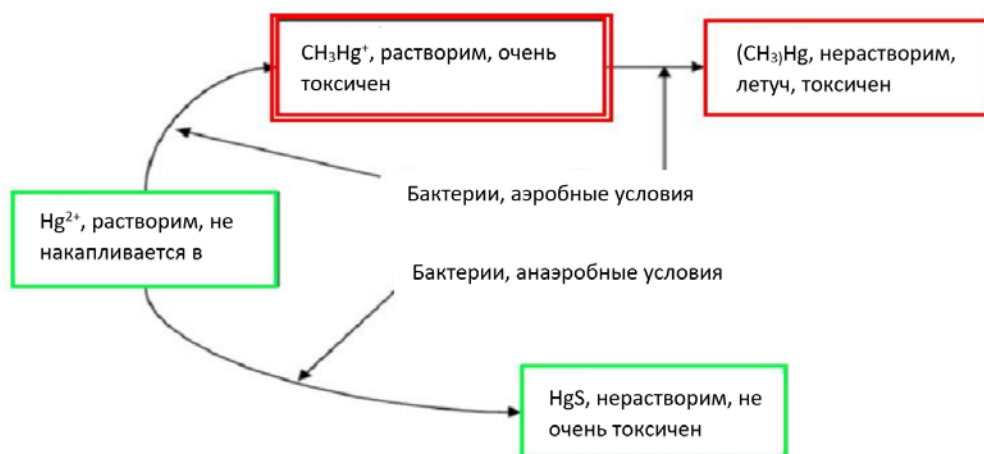


Рис 5.3. Поведение ртути в водной среде.

Окисление загрязнителей в тропосфере

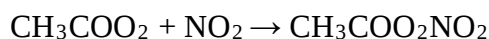
Тропосфера – глобальный окислительный резервуар. Процессы окисления примесей в тропосфере могут протекать:

- В газовой фазе
- В растворе (абсорбция примесей)
- На поверхности твердых частиц, взвешенных в воздухе (адсорбция примесей)

Основные окислители – свободные радикалы, прежде всего гидроксидный радикал.

Образование вторичных загрязнителей в атмосфере.

Смог – удушливая пелена дыма в больших и промышленных городах. Приводит к образованию вторичных загрязнителей в атмосфере под влиянием не только окисления, но и фотохимического окисления. Это явление возникает в полуденные часы в яркую солнечную погоду вдоль автомобильных дорог. Основные загрязнители – оксиды азота, превращение идет с диоксида до оксида, и конечный продукт – озон, являющийся вторичным загрязнителем. В присутствии радикалов углеродные соединения превращаются в формальдегид и пероксиацетилнитрат.



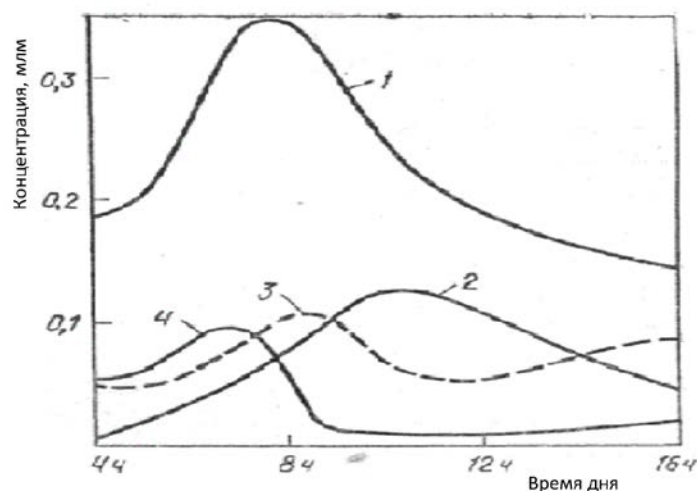


Рис 5.4. Зависимость концентрации загрязнителей от времени дня.

Обозначения на рисунке 5.4:

1 – углеводороды (в том числе ПАУ)

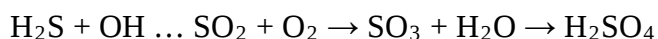
2 – окислители (в том числе O₃)

3 – NO₂

4 – NO

На графике видно, что в предполуденные часы от 8 до 12 часов образуется наибольшее количество загрязнителей.

Трансформация серы: когда сернистые соединения попадают в атмосферу, они подвергаются окислению до триоксида серы и серной кислоты.



Были оценены константы реакций и получили следующий график: в течение 20 – 30 часов диоксид серы, который являлся первичным загрязнителем, практически исчезает. С другой стороны, нарастает содержание вторичных загрязнителей – серной кислоты и сульфатов.

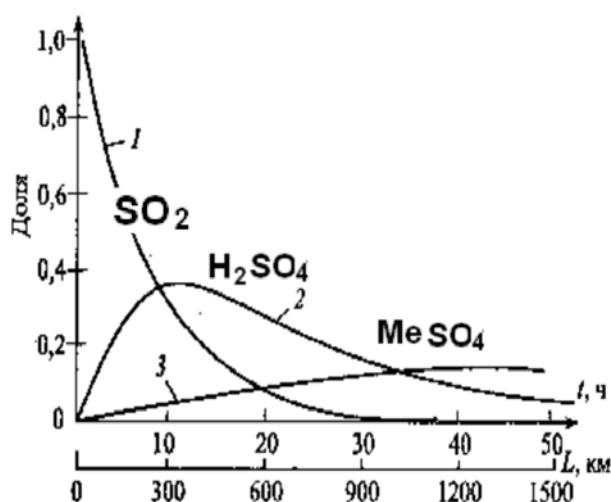


Рис 5.5. Зависимость концентраций соединений серы в тропосфере от времени и удаленности от источника.

Атмосфера загрязнена не только газами, но и пылью, и металлами, являющимися катализаторами реакций, поэтому осуществляются рассмотренные реакции. На графике видно, что опасные концентрации сохраняются до 50 часов и распространяются на 1500 км. При оценке воздействия серных загрязнителей на здоровье человека нужно учитывать данные превращения, так как в показатель входят и первичные загрязнители, и вторичные.

Перенос и рассеяние загрязнителей.

В приземном слое атмосферы метеорологические величины (например, температура и скорость ветра) резко изменяются с высотой.

В пограничном слое на характер движения большое влияние оказывает земная поверхность и силы турбулентного трения. В этом слое хорошо выражены суточные изменения метеорологических величин (выраженных либо классами устойчивости, либо качественными характеристиками).

Для выбросов стационарно работающих промышленных объектов и большинства аварийных ситуаций характерны эмиссия и рассеяние опасной субстанции в пределах пограничного и, точнее, приземного слоя атмосферы.

Характеристики вертикальной устойчивости атмосферы:

- Конвекция, температура быстро падает по мере отдаления от земли. Конвекция приводит к быстрому рассеиванию зараженного воздуха в вертикальном столбе атмосферы, а глубина зоны заражения, как правило, невелика.
- Изотермия, температура воздуха не меняется или меняется очень слабо по мере отдаления от земли

- Инверсия, температура воздуха увеличивается с ростом высоты. В условиях инверсии интенсивность вертикального перемешивания незначительна и, как следствие, в приземном слое увеличивается концентрация загрязняющих веществ. Загрязненный воздух стелется по поверхности земли, образуя зоны заражения большой глубины (самая неблагоприятная ситуация с точки зрения поражения населения).

Оценка глубины зоны поражения без учета распределения концентрации вещества

$$\Gamma = \Gamma(\alpha, v, g, c)$$

α – направление ветра

v – скорость ветра

g – доля поражения людей среди населения, оказавшегося в зоне заражения

c – признак наличия или отсутствия облачности

Глубина зоны поражения (Γ) – расстояние от эпицентра аварии до указанной точки территории. Глубина и площадь зоны поражения зависит от природы и массы ОХВ, выброшенного в окружающую среду, характера разлива и погодного состояния (скорости ветра, температуры воздуха, облачности и т.д.) на момент аварии.

Моделирование распространения загрязнителей в атмосфере.

Модели основаны на фундаментальном законе о сохранении массы вещества. Перемещение зависит от двух факторов: за счет адвективного движения среды и турбулентной диффузии в воздухе. Концентрация изменяется во времени и в пространстве.

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial C_i}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial K_i}{\partial x_i^2} \frac{\partial C_i}{\partial x_i} + S$$

C_i, U_i – средние значения концентрации вещества и скорости потока

K_i – коэффициент турбулентности обмена

S – функция, которая описывает скорость изменения объемной концентрации за счет распада или химических превращений веществ поллютанта.

Дисперсионная Гауссовская модель

Гауссовская модель используется для получения концентрации загрязнителя на земной поверхности.

$$c(x, y, 0) = \frac{M}{2\pi S_y S_z U} \exp \left\{ -\frac{y^2}{2S_y^2} - \frac{H^2}{2S_z^2} \right\}$$

$c(x, y, 0)$ – концентрация вредных веществ в точке поверхности

M – мощность выброса

H – высота источника, которая в расчетах принимается равной эффективной высоте трубы (эффективная высота трубы равняется сумме геометрической высоты трубы и приращения за счет подъема выброса подъемной силы импульса горячих газов).

S_y^2, S_z^2 – дисперсии, характеризующие гауссовское распределение по осям x и z .

При выбросе из трубы образуется шлейф, облако распространяется по направлению ветра. Модель Гаусса описывает распространение облака по всем трем координатам. В приземном слое на высоте 1,5 м вызывают область – изоплету, в которой и проводят измерения.

Выражение концентрационного поля на высоте H

$$c(x, y, z) = \frac{M}{2\pi u_w s_y(x) s_z} \exp \left(-\frac{y^2}{2s_y^2(x)} \right) \times \left[\exp \left(-\frac{(z-H)^2}{2s_z^2(x)} \right) + \exp \left(-\frac{(z+H)^2}{2s_z^2(x)} \right) \right]$$

Концентрация загрязнителя на подстилающей поверхности

$$c(x, y, 0) = \frac{M}{2\pi s_y s_z U} \exp \left\{ -\frac{y^2}{2s_y^2} - \frac{H^2}{2s_z^2} \right\}$$

Концентрация загрязнителя по направлению ветра

$$c(x, y, 0) = \frac{M}{2\pi s_y s_z U} \exp \left\{ -\frac{H^2}{2s_z^2} \right\}$$

После получения ряда концентрационных зависимостей можно построить поле концентраций и обозначить на нем санитарно-защитные зоны. Для каждого предприятия есть расстояние, на котором ограничивается вредное влияние. СЗЗ находят из таблиц условия повторяемости с учетом направления ветра.

Общие представления о риске.

Риск – проявление фундаментального свойства природы – индетермизма: вероятностная структура среды, вероятностный характер знаний о будущем, статистический характер и многовариантность большинства явлений окружающей действительности порождают феномен «риск».

Актуальность проблемы риска для общества в настоящее время:

- Невозможность однозначного предсказания развития событий во многих областях и сферах человеческой жизни и деятельности
- Разработка и внедрение новых наукоемких технологий, материалов, процессов
- Управление процессами внедрения в общественную жизнь новых видов деятельности, результатов научных исследований
- Необходимость выявления действия случайных факторов, которые могут оказывать воздействие на процесс достижения поставленной цели экспериментов, инициатив
- Необходимость выявления последствий экономических действий
- Необходимость выявления последствий современных технологий и экологических проблем для современного общества.

Первоначальное понимание риска – осознанная человеком возможная опасность, которая базировалась на инстинкте самосохранения и страхе перед смертью.

Осознанная актуализированная субъектом вероятная опасность обуславливает адекватную оценку рискованной ситуации в условиях неопределенности, в которой индивид фактически находится, осмысленность действий в выборе рационального поведения, ведущего к исполнению намерений – успеху.

Освоение методов оценки риска и контроля над ним является одной из главных особенностей нашего времени, отличающих его от более ранних эпох. В настоящее время деятельность в условиях риска рассматривается как один из важнейших катализаторов прогресса современного общества.

Риск как объект междисциплинарных наук:

- В области технических наук – разработка общей и прикладной теории безопасности, техногенных и технологических рисков, создание научных основ нормирования безопасности и управления техногенными рисками
- В области естественных наук – разработка математических моделей, алгоритмов, вычислительных процедур для описания опасных объектов и процессов в природных, технических и общественных сферах, выяснение фундаментальных закономерностей протекания разномасштабных процессов в нано-микро-мезо-макроструктурах, являющихся основой анализа физики катастроф и оценки возникающих поражающих факторов
- Химические науки изучают химические превращения и химические свойства материалов в условиях штатных рабочих процессов, аварийных и катастрофических ситуаций для использования при разработках научных основ экологически безопасных и ресурсосберегающих процессов
- В области биологических наук – изучение эволюции, мутации, деградации и поражения живых систем при различных опасных на генном, объектовом и

- виновом уровнях физических, химических и механических воздействиях природного, техногенного и антропогенного происхождения
- В общественных науках предусмотрены исследования по политическим и социально-экономическим аспектам национальной безопасности.

Понятие риска изучается во многих областях, поэтому термины даются разные:

Риск – есть мера опасности (оценка техногенной и природной опасности, медицина).

Риск – это потенциальная возможность отклонения от ожидаемого или планируемого результата (экономические науки, юриспруденция, биология).

Риск – это событие, представляющее материальную угрозу чьему-либо состоянию (страхование).

Общее определение, пригодное для всех областей по Меркоферу: риск – это неопределенная ситуация, в которой одно или несколько последствий нежелательны.

Более полное определение: риск – характеристика ситуации или действия, когда возможны многие исходы, существует неопределенность в отношении конкретного исхода и, по крайней мере, одна из возможностей нежелательна.

Концепции риска:

«Риск» как опасность или угроза лежит в основе теории природной и техногенной безопасности – риск обусловлен случайными событиями или процессами; последствия этих событий или процессов являются нежелательными. Риск-менеджмент означает технику уменьшения вероятности наступления нежелательных событий с помощью ряда мероприятий, которые требуют произведения разумных затрат.

«Риск как возможность» используется при управлении финансовыми и экономическими рисками и основана на взаимосвязи между риском и доходностью – чем выше риск, тем выше потенциальный доход, но также выше и вероятные убытки. Риск-менеджмент означает использование техники максимизации дохода при одновременном ограничении или минимизации потерь.

«Риск» как неопределенность» используется в теории принятия решений, портфельном инвестировании – риск рассматривается как вероятностное распределение возможных исходов (позитивных и негативных). Риск-менеджмент имеет своим предметом уменьшение дисперсии между ожидаемыми исходами и действительными результатами.

В концепции «риск как опасность» значительная часть определений связана с двумя утверждениями:

- Риск обусловлен случайными событиями или процессами
- Последствия этих событий или процессов являются нежелательными.

Ситуация воспринимается как опасная, рисковая только в тех случаях, когда вероятность неблагоприятного события и возможный ущерб от его проявления отличны от нуля.

Необходимые условия генерации риска:

Первое условие – наличие опасности (hazard).

Второе условие – проявление опасности (exposure process): наличие источника риска (техногенная авария, опасные природные явления, возникновение поражающего фактора определенного уровня и др.).

Третье условие – наличие эффектов, результатов, последствий (effects) проявления опасности (заболевание или смерть человека, материальные ущербы, и т.д.).

Оценивание риска – определение риска через уровень последствий и вероятность их проявления и сравнение с критериальным значением.



Рис 5.6. Формирования риска для населения, проживающего вблизи химического предприятия.

По степени свободы субъекта и по личному ощущению человека к испытываемому риску различают добровольный и вынужденный риск

Добровольный риск – это риск, который человек берет на себя в личной жизни путем свободного выбора образа жизни и рода личных занятий.

Вынужденный риск – это риск профессиональной деятельности человека, осуществляемой в определенных условиях.

Таблица 5.2. Виды риска и условия его возникновения.

Вид риска	Объект воздействия	Источники и рискообразующие факторы
Риск для жизни и здоровья человека	Человек	Образ жизни, генетика, социальные условия жизни, низкое качество окружающей среды
Техногенный	Технические и техногенные системы и объекты	Несовершенство технических и техногенных систем, техногенные аварии и чрезвычайные ситуации, несанкционированные акции
Экологический	Здоровье человека, качество природной среды, экологические системы, биогеоценозы	Негативное техногенное и природное воздействие
Социальный	Социальные группы населения, общество	Крупные техногенные аварии, чрезвычайные ситуации, низкие уровень и качество жизни
Экономический	Материальные и финансовые ресурсы, стабильность бизнеса	Техногенная и природная опасности, неустойчивость техногенных систем, недостатки управления риском

Основные подходы к оценке риска:

«Актuariальный подход», на котором базируется деятельность страховых компаний. В качестве основного элемента определяет ожидаемое значение, т.е. усредненная по времени относительная частота события. При этом считается, что нежелательные последствия представлены – физическим ущербом, нанесенным людям или экосистемам.

«Экологический подход» используется при оценке экологических рисков. Основывается на токсикологических (эксперименты над животными) или эпидемиологических исследованиях (сравнение групп населения, подверженных воздействию рискообразующего фактора с контрольными группами населения, не подверженных таковому). Идентифицируется и количественно устанавливается зависимость между рискообразующим фактором (например, диоксины и др.) и физическим ущербом, наблюдаемым у людей или других живых организмов.

«Технологический (технократический) подход» базируется на использовании вероятностных методов для оценки вероятности сбоя (отказов) и их последствий в сложных технологических комплексах. Обычно применяется для расчета риска аварий, связанного с возможностью технических сбоев или человеческих ошибок в обращении с техникой.

Лекция 6. Техногенный и технический риск

Восприятие риска.

Рискология – направление, изучающее риски.

Предмет рискологии – не риски и их последствия, не катастрофы, а общество, которому имманентно присущее производство, распространение и потребление рисков, то есть в нашем обществе риски распространены повсеместно.

В обществе риска опасности природного и техногенного происхождения, порожденные современным уровнем развития цивилизации, соединяются с рисками и опасностями социогенного характера. Общество риска нестабильно в социальном, политическом, экономическом и других отношениях.

Специфика рискологии – аналитическое и практическое направление. Вырабатывает как теоретические знания о рисках, так и дает практические навыки управления ими: впервые выделяется новая форма общественного производства – производство рисков
Два основных вида рисков:

1. Мега-риски, затрагивающие всю среду жизни человека и имеющие глобальные последствия
2. Повседневные риски, связанные с загрязнением окружающей среды.

Выделяется понятие риск-рефлексии – реакция общества на риски.

1. Появление новых социальных субъектов (гражданские инициативы) и общественных (экологических, антиядерных, правозащитных) движений
2. Практическое последствие – появление нового направления науки и производственной деятельности – риск-менеджмент.

Распределение опасности по силе.

Опасности распределяются по силе в пространстве и во времени. По основному закону частые опасности имеют слабые последствия, а редкие (запроектные) приводят к большому ущербу. Для оценки необходимо знать соотношение вероятности и последствия. Соответствие выражается в кривой риска.

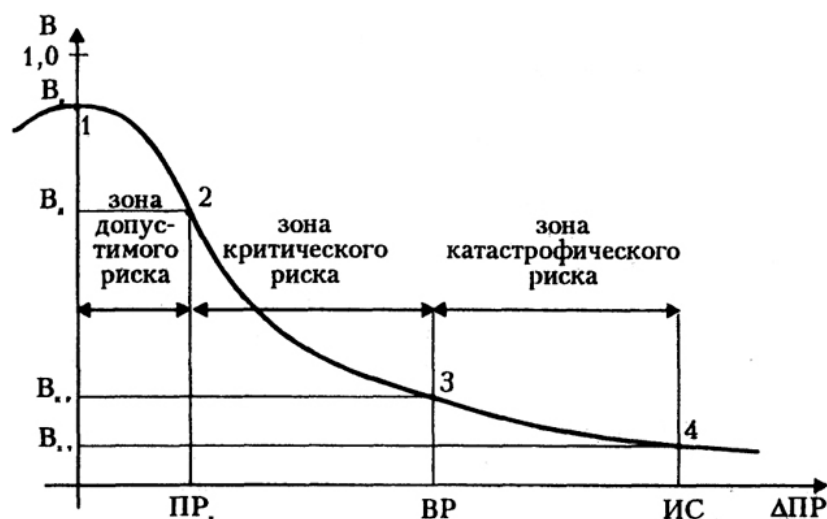


Рис 6.1. Кривая риска – зависимость потерь от вероятности.

По кривой риска можно проследить вероятность и уровень ущерба, граничные условия выражают неопределенность в оценках риска (непрерывный закон распределения). Если распределение имеет дискретный характер, то такая кривая риска выражается в виде гистограммы.

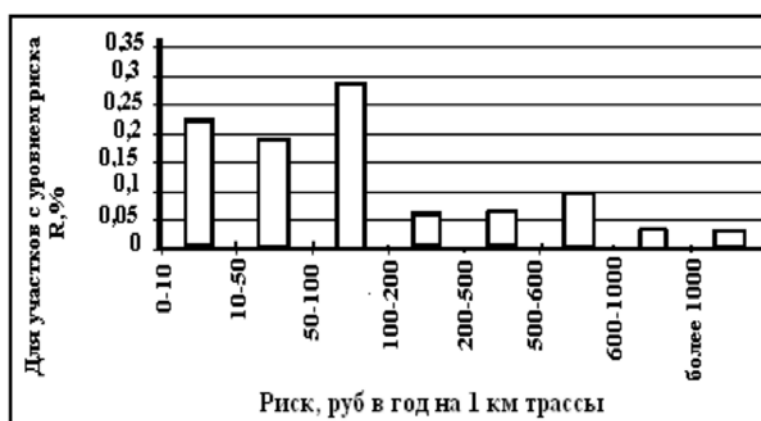


Рис 6.2. Гистограмма – Ранжирование трассы нефтепродуктопровода по ущербу.

Ожидаемые потери (ущерб) – некий средний уровень потерь, которые возникают в хозяйственной деятельности и компенсируются за счет формирования резервов и включения их стоимости в цену соответствующей продукции (не покрывается за счет собственных средств предприятия).

Случайные потери – возможные отклонения уровня реальных потерь в худшую сторону от среднего уровня (вплоть до чрезмерных потерь). Случайные потери должны компенсироваться равнозначными реальными случайными доходами (покрываются за счет собственных средств предприятия).

Риск может быть оценен по установленному вероятностному закону оценивания ущерба.

$$F(x) = P(X < x)$$

Математическое ожидание для дискретного распределения:

$$M(X) = \sum xp$$

Математическое ожидание для непрерывного распределения:

$$M(X) = \int_{-x}^{yx} xf(x)dx$$

$f(x)$ – плотность распределения вероятности случайной величины X

Большую часть рисков описывают по нормальному распределению Гаусса. Редкие аварии описываются с помощью распределения Пуассона, гипотетические – по распределению Парето или по степенным законам. Тем не менее, каждый из этих законов имеет свои характеристики, на основе которых можно вычислить необходимый результат:

Математическое ожидание

Медиана и квантиль

Дисперсия

Среднее квадратичное отклонение

Коэффициент вариации

Математическое ожидание функции потерь

Мультипликативное объединение вероятности неблагоприятного события и негативные последствия при его наступлении в виде: Риск = вероятность $\times$ последствия (ущерб).

Для определения риска, исходя из параметров вероятности и последствий, прибегают к визуализации риска на координатной плоскости или на матрице, где вероятность и последствия ограничены.

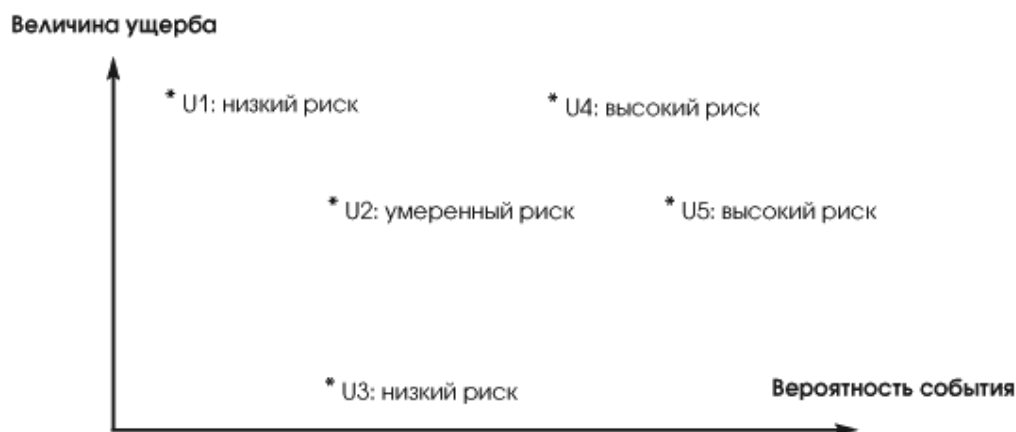


Рис 6.3. Метод представление риска на координатной плоскости.

Матричный метод используют в случаях, когда невозможно оценить количественные характеристика риска, но эффективно описываются качественные с помощью оценок экспертов.

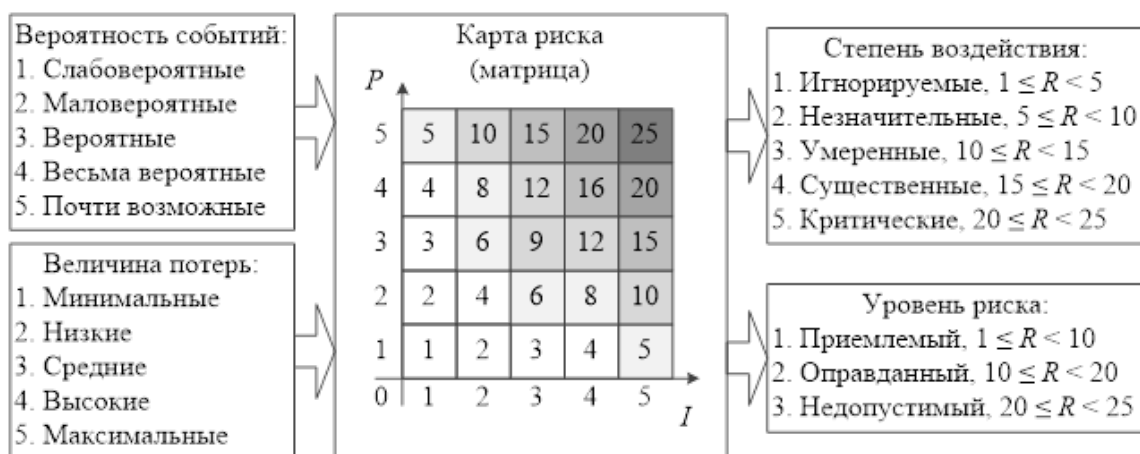


Рис 6.4. Матричный метод представления риска.

После получении вероятностного распределения рисков выводят средний риск – меру опасности, определяемую как математическое ожидание потерь.

1. Величина среднего риска в случае наступления какого-либо неблагоприятного события:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

$$R = \int_{-x}^x xP(x)dx$$

R – количественная мера риска (средний риск)

P_i – вероятность получения ущерба размера X

X_i – величина ущерба

n – число возможных вариантов ущербов, включая нулевой

2. Величина среднего риска в случае наступления различных и независящих друг от друга неблагоприятных событий.

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j P_i(j) X_i$$

P_j – вероятность наступления неблагоприятного события (закон распределения вероятностей наступления каждого события)

$P_i(j)$ – вероятность получения ущерба (закон распределения ущербов при наступлении неблагоприятного события).

Индивидуальный и коллективный риск.

Индивидуальный риск – риск, которому подвергается индивидуум в результате воздействия исследуемых факторов опасности. Индивидуальный риск отражает, насколько данные условия жизни комфортны для нормальной жизнедеятельности людей.

Таблица 6.1. Источники и факторы индивидуального риска смерти.

Источник индивидуального риска	Наиболее распространенный фактор риска смерти
Внутренняя среда организма человека	Заболевания различной этиологии, старение
Образ жизни, привычки	Курение, употребление алкоголя наркотиков нерациональное питание
Транспорт	Транспортные происшествия, аварии, катастрофы
Техногенная среда	Вредные и поражающие факторы
Социальная среда	Войны криминальные преступления суицид
Природная среда	Опасные природные явления землетрясения, цунами, наводнения, ураганы и т.д.
Отдых, досуг, развлечения	Любительские и экстремальные виды спорта

Индивидуальный риск рассматривают как:

- Вероятность преждевременной смерти или ущерба здоровью произвольному индивидууму из некоторой совокупности для определенных видов деятельности или условий проживания на определенной территории

- Вероятность (частота) возникновения поражающих воздействий определенного уровня (смерть, травма, заболевание) для индивидуума при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (в которой находится индивидуум).

Индивидуальный риск является основным и первичным, потому что это приоритет для государства и его легко оценить во многих случаях исходя из статистических данных как отношение числа смертей, произошедших по рассматриваемой причине, и общего числа людей, которые подвергались рассматриваемому фактору риска.

Проще всего индивидуальный риск оценить на примере дорожно-транспортных происшествий, они четко учитываются и подвергаются анализу.

Количественно индивидуальный риск (преждевременной смерти или ущерба здоровью) для человека характеризуется индивидуальной вероятностью смерти произвольного лица из населения, проживающего на рассматриваемой территории, или для профессиональных рабочих в рассматриваемой сфере деятельности в расчете на единицу времени.

$$RI \approx n \div NT$$

n – число смертей в год по рассматриваемой причине

N – численность населения на рассматриваемой территории

T – период наблюдения

Размерность индивидуального риска — 1/ год; 1/ чел. * год; смерть / чел.*год.

В качестве временного интервала в ряде случаев используют продолжительность жизни человека, которую обычно принимают равной 70 годам. В этом случае размерность индивидуального риска – 1/ жизнь.

Таблица 6.2. Индивидуальные риски для жизни человека.

Причины смерти	Индивидуальный риск смерти, (год ⁻¹)
Опасные природные явления	$10^{-9} — 10^{-5}$
Несчастные случаи в быту, заболеваемость от загрязнения природной среды	$10^{-5} — 10^{-3}$
Самоубийства, убийства и т.п.	$10^{-4} — 10^{-2}$
Генетические и соматические заболевания	$10^{-4} — 10^{-2}$
Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве	$10^{-5} — 10^{-2}$

Рассчитать риск для каждого отдельного человека достаточно сложная задача, поэтому риск оценивается для коллектива, занятого на опасном производственном объекте.

Коллективный риск при нормальной эксплуатации опасного предприятия и в случае аварии представляет собой ожидаемое число жертв среди персонала за определенный период действия

$$RN = Ri \cdot N \cdot \Delta t$$

Ri – определенный вид риска для отдельного человека

N – общее число людей, подвергающихся негативному воздействию

Δt – период времени воздействия негативного фактора.

Интегральный показатель общественного здоровья – средняя ожидаемая продолжительность жизни (СОПЖ).

Величина сокращения средней ожидаемой продолжительности жизни (ССОПЖ) показывает, на какой срок укорачивается в среднем жизнь индивидуума, подвергающегося данному виду риска. По оценкам по различным причинам ССОПЖ для США составляет: курение (мужчины, 1 пачка сигарет в день) – 2300 дней (6,3 года); избыточная масса тела (15 кг) – 900 дней (1,4 года); алкоголь – 230 дней; автомобильные аварии – 180 дней; наркотики – 100 дней; убийства – 90 дней; несчастные случаи на работе – 74 дня; СПИД – 70 дней; кофе (3 чашки в день) – 26 дней; авиакатастрофы – 1 день; наводнения – 0,4 дня.

Социальный риск – это зависимость между вероятностью (или частотой) опасных событий, вызывающих поражение определенной группы (числа) людей (группы не менее определенной численности) при реализации соответствующей опасности, и этим числом людей.

Социальный риск представлен частотой техногенных или природных опасных событий в год и условным распределением числа погибших в них (событий с числом жертв, не менее фиксированного значения): F-N зависимость.

$$f = \alpha(\Delta t)R(n)$$

$\alpha(\Delta t)$ – математическое ожидание числа аварий в год на одном объекте

$R(n)=P(N \geq n)$ – условное распределение числа жертв при условии, что авария произошла

n – случайная величина погибших или пострадавших в аварии при условии, что число жертв не менее фиксированного N .

Строится зависимость между вероятностью и последствиями. Графически зависимость выражается с помощью F-N кривой.

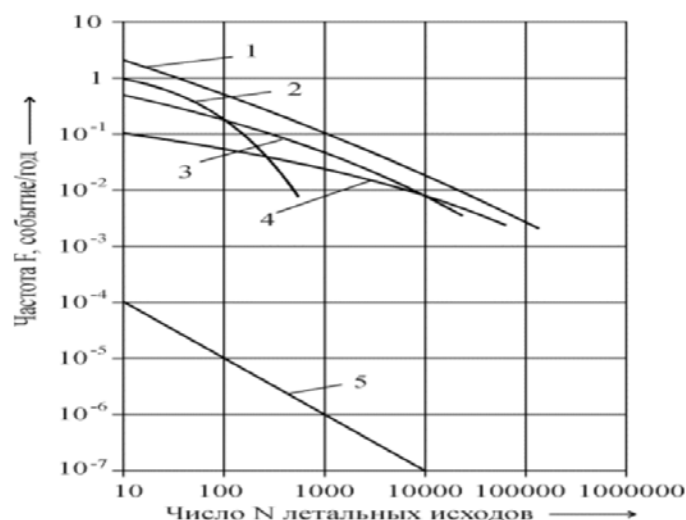


Рис 6.5. Пример F-N кривой.

На рисунке 6.5. в левом нижнем углу представлено событие (5), происходящее с наименьшей вероятностью, оно соответствует падению метеорита. Кривые 2, 3 и 4 соответствуют торнадо, ураганам и землетрясениям. Кривая 1 является суммарной.

Если распределение подчиняется дискретному закону, то социальный риск выражается гистограммой, которая изображает вероятность и количество людей, которые подвергаются риску.

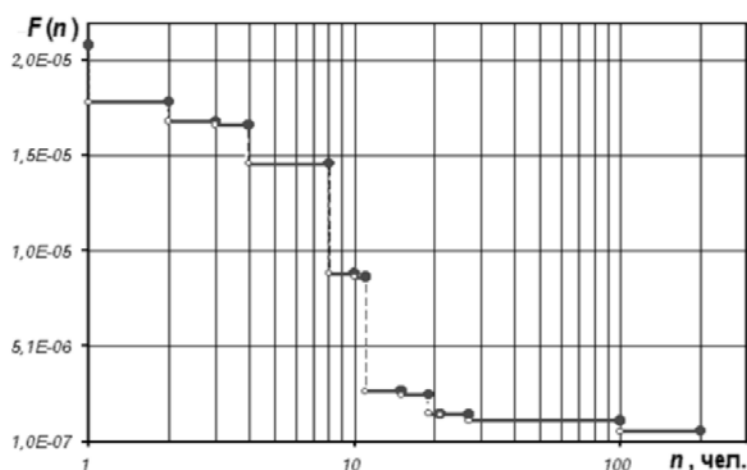


Рис 6.6. Пример графического изображения интегральной функции F-N кривой.

В качестве числовой характеристики социального риска используют математическое ожидание случайной величины.

$$R_{\text{соц}} = P1 \cdot N1 + P2 \cdot N2 + \dots + Pn \cdot Nn$$

Для детерминированных факторов или прошедших событий величину социального риска можно вычислить по динамике смертности:

$$R = \frac{1000(C_2 - C_1)}{L_{\text{группы}}}$$

Предельные характеристики риска:

- Максимально приемлемая величина ущерба (принимается величина ущерба меньше, чем затраты на внедрение в практику мер и мероприятий по защите объекта от неблагоприятных воздействий)
- Максимально допустимая вероятность его возникновения (при разработке стратегии принимается значение вероятности возникновения крупных убытков, не превышающее допустимое значение)

Интегральная оценка опасностей:

1. Опасные независимые события

$$R_{\text{инт}} = \sum_i R_i$$

R_i – риск от i -ого негативного события

$R_{\text{инт}}$ – величина интегрального риска

2. Взаимосвязанные риски

$$R_{\text{инт}} = \bigcup_i R_i$$

Для оценки риска на некотором регионе можно использовать сферические координаты и интегрирование по площади:

$$R = P \iint_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy$$

P – вероятность аварии, в результате которой возникает поражающий фактор Φ

S – область интегрирования, например, площадь города

$P(\Phi)$ – вероятность поражения людей

$\psi(x, y)$ – плотность населения

$f(x, y, \Phi)$ – плотность распределения интенсивности параметра фактора Φ в пределах площадки с координатами x, y .

Индивидуальный риск от техногенной аварии в пределах территории:

$$RI = \frac{P}{N} \iint_{Sr} \int_{\Phi_{min}}^{\Phi_{max}} P(\Phi) \psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy$$

N – численность населения в городе

Всегда рассматриваются аварийный и нормальный режимы. Интегральный региональный риск в таком случае: $R_{\text{рег.}} + R_A + R_{\text{норм}}$

На основании полученных данных строят карты регионального риска, обычно линии риска вытягиваются по направлению ветра. Для построения шкалы риска собирают следующие данные:

- Приоритетные проблемы
- Направления инвестирования с целью снижения рисков
- Комплексное решение проблемы с учетом максимальной выгоды для населения.

Техногенный риск.

Техногенный риск – возможность нежелательных последствий от опасных техногенных явлений (аварий и катастроф на объектах техносферы), а также ухудшения качества окружающей среды из-за промышленных выбросов в процессе хозяйственной деятельности.

Необходимые и достаточные условия возникновения техногенного риска:

- Существование фактора риска (источника опасности)
- Возникновение поражающего (вредного) фактора в определенной, опасной (или вредной) для объектов воздействия дозе
- Присутствие объекта в зоне поражения
- Уязвимость (чувствительность) объектов воздействия к факторам опасностей.

Оценка техногенного риска – оценка вероятности (проведение частотного анализа) возникновения аварийных ситуаций по определенному сценарию и оценка последствий для человека и окружающей среды

1. Двумерное толкование риска:

Риск = вероятность × последствия (ущерб) ($R=P \times W$)

Показатель риска [ущерб/время] = частота [события/время] × средний ущерб [ущерб/события]

2. Многомерный подход (триплеты)

$$R = (S, P, W)$$

S – сценарий развития событий

P – вероятность

W – последствия

Оценка техногенного риска при нормальном, регламентированном режиме работы объекта R_n :

$$R_n = P_n \times W_n$$

$$P_n = 1; R_n \equiv W_n$$

Оценка техногенного риска всегда начинается с частоты возможного опасного явления (например, частота образования дефектного отверстия на трубе). Далее – возможность образования поражающего фактора и возможность разрушения самого объекта (характеризуется стойкостью), последняя оценка – возможность отказа систем защиты. Перечисленные блоки составляют общую частоту аварии.

Техногенный объект состоит из массы технических объектов, которые функционируют с различной степенью эффективности. Эффективность технической системы – совокупность свойств: надежность, безопасность, экономичность, определяющих способность системы выполнять определенные задачи.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Основные вопросы, изучаемые в теории надёжности:

- Отказы технических элементов (средств, систем)
- Критерии и количественные характеристики надежности
- Методы анализа и повышения надежности элементов и систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации
- Методы испытания технических средств на надежность
- Методы оценки эффективности повышения надежности
- Основной базовый показатель надежности и безопасности технических систем – вероятность безотказной работы $S(t)$, вероятность того, что за период времени t не произойдет отказ объекта

Вероятность безотказной работы $S(t)$ и вероятность отказа $R(t)$ образуют полную группу событий: $S(t) + R(t) = 1$

$R(t) = 1 - S(t)$ – функция риска или технический риск.

Технический риск – возможность инцидента, аварии, катастрофы на объекте техносферы, приводящая к негативным последствиям и к техногенному риску для жизнедеятельности населения. Выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

Оценка технического риска:

1. Оценка технического риска в единицах частоты аварии или катастрофы при эксплуатации технических объектов:

$$R_t = \frac{\Delta T(t)}{T(f)}$$

R_t – технический риск

ΔT – число аварий в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах T

f – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска

2. Оценка технического риска в единицах среднегодового ущерба:

$$R = f(\lambda, W)$$

λ – частота возникновения аварии

W – детерминированный материальный ущерб

Таблица 6.3. Основные источники и факторы технического риска.

Источник технического риска	Наиболее распространенные факторы технического риска
Низкий уровень научно-исследовательских работ	Ошибочный выбор направлений техники и технологии по критериям безопасности
Низкий уровень опытно-конструкторских работ	Ошибочный выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем; Неправильный выбор конструкционных материалов, недостаточный запас прочности. Отсутствие в проектах технических средств безопасности
Серийный выпуск небезопасной техники	Отклонения от заданного химического состава конструкционных материалов. Нарушение режимов обработки деталей и регламентов сборки и монтажа конструкций и механизмов
Нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем	Использование техники не по назначению. Нарушение проектных режимов эксплуатации. Нарушение требований хранения и транспортировки
Ошибки персонала	Слабое знание сущности процесса и неумение оценивать информацию о состоянии процесса. Слабые навыки действия в сложной ситуации

Установленная процедура анализа риска обеспечивает единообразную последовательность действий (алгоритм), базирующихся на общих положениях теории риска.



Рис 6.7. Процедура анализа техногенного риска.

Идентификация опасностей и риска.

Индексные методы идентификации техногенной опасности и риска (степень опасности производства определяется некоторым количеством показателей):

- Метод энергетических потенциалов взрывоопасности
- Метод индекса Доу (Dow Fire and Explosion Index).

Методы качественных оценок опасности (рассматриваются потенциальные угрозы и последствия на начальной стадии проектирования технологических процессов)

- Предварительный анализ опасностей
- Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?»
- Анализ видов и последствий отказов (Failure Modes, Effects and Analysis)

Методы количественных оценок опасности (каждый вид отказа ранжируется с учетом вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа):

- Анализ видов, последствий и критичности отказа (Failure Modes, Effects and Critical Analysis)
- Анализ опасности и работоспособности (HAZOP — Hazard and Operability Study (исследует влияние отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов с точки зрения

возможности возникновения опасности с целью коррекции во время проведения процесса)

Сценарный анализ представляет собой метод прогнозирования высококвалифицированными экспертами нескольких возможных вариантов развития ситуации и связанной с этим динамики основных показателей рассматриваемого процесса, проекта и т.д. В проблеме оценки надежности и риска сценарный анализ может быть использован как дополнение к стандартному рассмотрению, расчету опасных ситуаций, которые отражают лишь «нормальные» варианты. Метод сценариев – это метод декомпозиции (т.е. упрощения) задачи прогнозирования, предусматривающий выделение набора отдельных вариантов развития событий (сценариев), в совокупности охватывающих все возможные варианты развития.

Оценка риска (Оценка уровня риска («risk estimation», «risk assessment», «risk evaluation»)) процесс оценки вероятности возникновения события и возможной величины негативных последствий для безопасности, здоровья, экологических и финансовых последствий за определенный период времени.

На дереве событий применяют барьеры. Барьер – это мера безопасности, которая может предотвратить возникновение аварии, остановить развитие аварии или ограничить последствия аварии. Цель построения барьеров состоит в выявлении слабых мест при проведении технологического процесса, в которых необходимо установить дополнительные меры защиты. Организационным барьером может быть инструкция и правила работы, технический барьер – защитный материал, вторая оболочка реактора.

Частота события (повторяемость) – число реализаций события, в том числе во времени (Если функция распределения отказа $F(t) = P(t < t_{\text{зад}}) = Q(t)$, то частота отказов: $f(t) = dQ(t)/dt$

Интенсивность отказов – отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени

Вероятность некоторого события: интуитивно – объективная характеристика возможности его появления; математически – числовая характеристика степени возможности появления какого-либо случайного события при использовании тех или иных определенных, могущих повторяться неограниченное число раз условиях.

Для пуассоновского потока: $Pa(t) = 1 - e^{-\lambda t}$

Для редких событий (запроектных аварий) при $0 < \lambda(t) < 0,1$ вероятность аварии можно считать $Pa(t) = \lambda t$

При малых λt справедливо биномиальное распределение.

Ущерб – результат негативного изменения вследствие каких-то событий, явлений, действий состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшения других свойств.

Модель «Дерево отказов» представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, при помощи которых выявляются, выстраиваются в логическую цепь и представляются в графической форме те условия и факторы, которые могут способствовать определенному нежелательному событию (вершине событий).

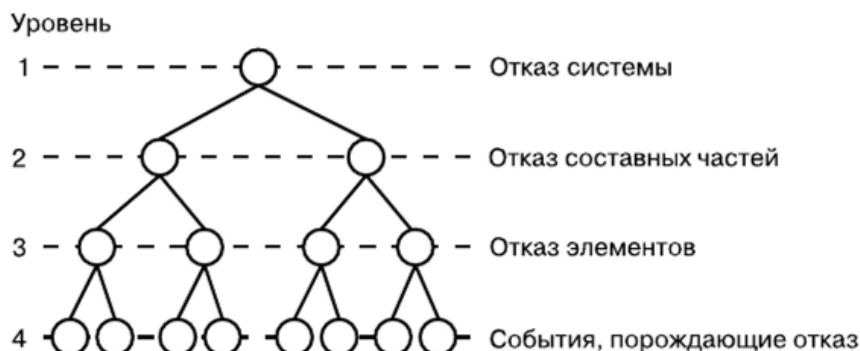


Рис 6.8. Граф «Дерева отказов».

Лекция 7. Нормативно-правовое регулирование

Система мер, регулирующих управленческую деятельность по снижению риска.

Нормативно-правовые меры определяют права и обязанности сторон, объектов и иных участников деятельности в сфере управления рисками, устанавливают ограничения на размеры и виды деятельности отдельных объектов.

Административные меры связаны с осуществлением функций контроля за результатами и финансовым обеспечением видов деятельности и при необходимости принуждением к их исполнению

Экономические меры предполагают экономическое стимулирование деятельности по снижению рисков, организацию ее финансового обеспечения, согласование экономических и экологических интересов общественного развития (налоги, платежи, штрафы).

Технические меры определяют область возможных технических решений по снижению риска, связанных с проведением определенных работ, направленных на уменьшение потенциально возможного ущерба, ликвидацию понесенного ущерба и т.п. Новые безопасные (малоопасные) безотходные (малоотходные) технологии.

Система нормативно-правовых актов РФ:

- Конституция (Основной закон) РФ (ст. 42 - право на благоприятную окружающую среду)
Ст. 42 дает лицам три права – на благоприятную среду, на информацию о ее состоянии и компенсацию при нанесении ущерба.
- Кодексы законов (Водный кодекс, Лесной кодекс)
- Законы РФ (0 недрах от 21.02.1992г. №2395-1)
- Федеральные законы (Об охране окружающей среды от 10.01.2002 г. №7-ФЗ)
- Указы, распоряжения, обращения Президента РФ
- Постановления, распоряжения Правительства РФ
- Федеральные целевые программы
- Приказы, письма, положения, инструкции
- Постановления администрации регионов
- Региональные программы
- Решения и постановления.

Законодательные и нормативные документы в области промышленной безопасности:

- Федеральный закон от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

Очень многие вопросы определены этим законом, так как он напрямую дает определение и признаки опасных производственных объектов. Названы опасные вещества и их количество, хранение которого сразу вводит предприятие в ранг опасного производственного объекта, который накладывает совершенно иные обязательства на руководителя. Также с помощью этого закона прописана декларация промышленной безопасности.

- Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»
 - Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- О безопасности химической продукции было принято постановление правительства, в то время как пожарная безопасность регламентируется федеральным законом. Важность вопросов пожарной и химической безопасности отражается уровнем документа
- Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
 - РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов
 - РД 03-357-00. Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта
 - РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте
 - ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств

Нормативное регулирование уровня приемлемости техногенного риска.

1. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: критерии приемлемого риска могут задаваться нормативной документацией, определяться на этапе планирования анализа риска и/или в процессе получения результатов анализа.

Критерии приемлемости риска аварий на опасных производственных объектах:

- Качественные критерии (критерии, основанные на лингвистических оценках), отражающие конкретные требования безопасности (например, условия более жестких требований к обеспечению безопасности населения или условия недопущения выхода поражающих факторов за территорию объекта)

- Количественные критерии (например, критерии приемлемого индивидуального риска, условия соблюдения безопасных расстояний на основе оценок последствий аварий и т.п.).

Таблица 7.1. Некоторые формулировки критериев РД 03-418-01.

Качественные критерии	Поражающие факторы аварий при разрушении любой единичной емкости на объекте не должны выходить за границу санитарно-защитной зоны
	Предприятие не должно представлять опасность для третьих лиц большую, чем для своего персонала
	Риск смертельного поражения людей при возможных авариях на объекте не должен превышать риска гибели от всех других причин
Количественные критерии	Индивидуальный риск гибели населения от аварии на рассматриваемом объекте не должен превышать величины 10^{-7} год ⁻¹
	Уровень приемлемого потенциального риска для населения для действующих опасных производственных объектов: Уровень риска более 10^{-4} год ⁻¹ – недопустимый риск Уровень риска менее 10^{-6} год ⁻¹ – приемлемый риск

- Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»
 - Разделил понятия «стандарта» (ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ, СТП, СанПиНы, СНИПы)
 - Введено два понятия: технический регламент и стандарт
 - Технический регламент - обязательное исполнение требований в отношении безопасности, защиты жизни и здоровья, интересов приобретателей, энергетической эффективности
 - Стандарт – добровольное исполнение в отношении потребительских свойств и качества продукции
 - Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.08.2008 г. №123-ФЗ.

На сегодняшний день множество регламентов имеет межгосударственный характер действия и статус, особенно это касается СНГ. ГОСТы характеризуют качество продукции, а регламенты нормируют вопросы в сфере безопасности.

- Форма государственного регулирования в области промышленной безопасности – процедура декларирования безопасности ОПО.
 Декларация о промышленной безопасности устанавливается на срок до 10 лет и подлежит обязательному пересмотру в случае изменения технологии,

номенклатуры или объема выпускаемой продукции на 20-25%. Декларация – это объявление об опасностях, которые существуют на данном предприятии и демонстрация мер, которые могут ликвидировать опасные последствия. Декларация безопасности опасного производственного объекта – это документ, в котором представлены результаты:

- Всесторонней оценки возможности аварии и связанной с ней угрозы для персонала и населения прилегающих территорий
- Анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на объекте
- Мероприятий, направленных на снижение возможных негативных последствий в случае аварии на объекте.

Обоснование безопасности опасного производственного объекта (№116-ФЗ от 21.07.1997 в редакции №22-ФЗ от 04.03.2013г).

В дальнейших редакциях ФЗ №116 ввели обязательный документ об обосновании безопасности опасного производственного объекта, это аналог декларации промышленной безопасности, но имеет менее жесткую процедуру, которая создается в тех случаях, когда нужно обосновать отклонения вопросов безопасности от установленных норм. Если создается новое производство и нормы не прописаны, то под контролем государственного надзора необходимо создать обоснование с дополнительными мерами.

4. Другие формы государственного регулирования:

- Идентификация и регистрация опасных производственных объектов (ОПО), сертификация технических устройств.
В нее входят: идентификация – выявление признаков опасности, регистрация в государственном реестре и сертификация технических устройств, применяемых на ОПО.
- Лицензирование видов деятельности в области техногенной безопасности
- Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза промышленной безопасности
- Государственный надзор и контроль в области промышленной безопасности (Ростехнадзор)
- Рациональное размещение производительных сил и поселений с точки зрения их природной и техногенной безопасности

- Согласование с международными стандартами управления качеством и безопасностью (ИСО 9000 и ИСО 14000). (Международная организация по стандартизации – ИСО).

Экологическая регламентация техногенных воздействий.

Виды ограничительного регулирования:

1. Предприятиям запрещается превышать определенный уровень (например, уровень загрязнений) выходное регулирование. К этому виду регулирования относится экологическая регламентация техногенных воздействий.
2. Государство регулирует процесс производства входное регулирование. к этому виду регулирования относится государственное нормативное техническое регулирование.

Экологическая регламентация техногенных воздействий:

Нормирование качества окружающей среды – деятельность по установлению нормативов в области охраны окружающей среды (природоохранных нормативов).

В общем Виде экологическое нормирование предусматривает:

- Установление показателей качества окружающей среды, которые обеспечивают устойчивость конкретных экосистем (определение границ их «нормальности»)
- Установление предельно возможных уровней воздействия (нормативов воздействия), при которых экосистема еще остается в пределах «нормы» (не более 5% ресурсного потенциала природы).

Природоохранные нормативы – установленные нормы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Система природоохранных нормативов:

- Нормативы качества окружающей среды по химическим, физическим, биологическим показателям состояния компонентов окружающей среды и природных объектов (ПДК, ПДД, ПДУ, ОБУВ)
- Нормативы воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду (для вибрации - ДУВ (допустимый уровень вибрации), для шума – ПС (предельно допустимые спектры) и определенная шумовая нагрузка (безопасная 40-60 дБ)

- Нормативы качества ос и технологические нормативы на допустимые выбросы и сбросы (ПДВ, ПДС, ВСВ, ВСС)
- Нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды в соответствии с природоохранными требованиями. (Закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002г).

Конечная цель нормирования – обеспечение сбалансированного решения социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – максимальное количество вредного вещества в единице объема (воздух, воды или других жидкостей) или массы (например, пищевых продуктов), которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

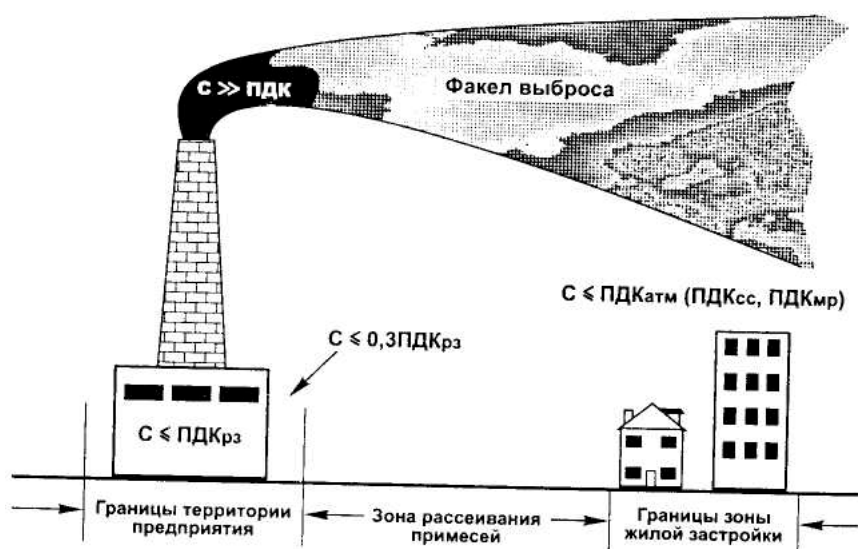


Рис 7.1. Схема нормирования загрязняющих веществ в воздухе.

Главный этап функционирования ассимиляционного потенциала – естественное разбавление выброса (снижение концентрации). Прежде всего нормируется концентрация в рабочей зоне $C \leq \text{ПДК}_{\text{рз}}$. За рабочей зоной, но на территории предприятия концентрация должна быть $\leq 0,3\text{ПДК}_{\text{рз}}$, потому что с приграничной территории производится забор воздуха. Для жилой зоны есть понятия средней суточной концентрации и максимальной разовой (экспозиция в течение 30 мин).

Функциональные территории промышленных городов.

Промышленная предназначена, прежде всего, для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов, предприятий транспорта и т.д. В аспекте оценки риска характеризуется интенсивным уровнем загрязнения среды, но время

пребывания людей здесь, как правило, ограничено.

Санитарно-защитная зона предназначена для обеспечения снижения уровня воздействия загрязнителей до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия.

Селитебная предназначена для размещения жилого фонда и ряда общественных зданий; обеспечивается наиболее жесткими нормативами на качество воздуха, воды, почвы, шум, так как пребывание людей здесь наиболее продолжительно и часто может быть круглосуточным.

Ландшафтно-рекреационная требует для выполнения своей функции наиболее чистой атмосферы, время пребывания населения здесь ограничено. Ограничение вводится с точки зрения сохранения естественной природной среды.

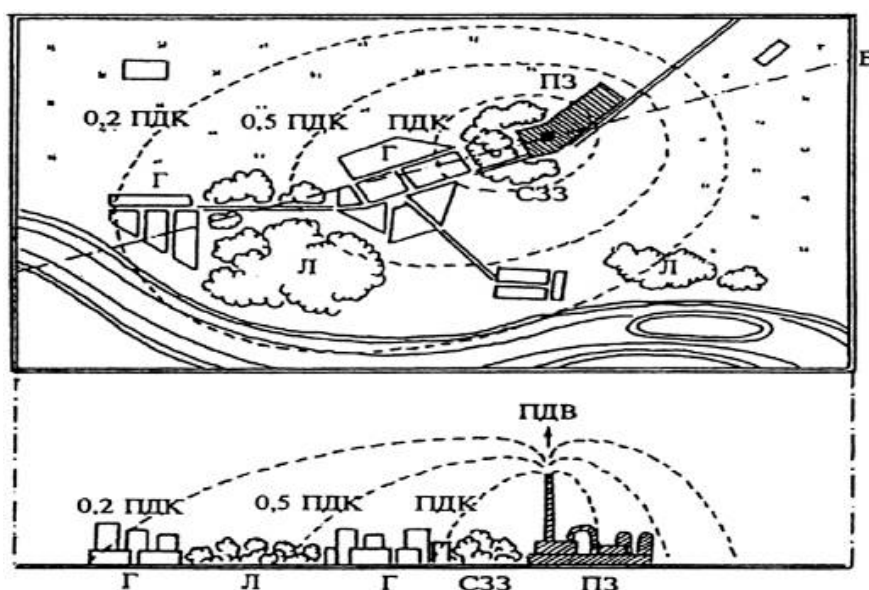


Рис 7.2. Схема зоны загрязнения в районе промышленного источника.

На схеме видна тенденция к снижению уровня концентрации и повышению качества природной среды. ПДВ – это предельно допустимый выброс, необходимо различать показатели качества и показатели уровня воздействия. Предприятия штрафуются за выбросы, а концентрация, которая формируется в атмосфере, является отражением объема выброса. ПДК в атмосфере различаются по странам, Россия может себе позволить поставить самые низкие концентрации сравнительно других развитых стран, потому что имеет более широкие территории и, следовательно, больше возможностей для зонирования.

Монографический подход к экологическому нормированию – признание человека наиболее чувствительным компонентом биоты (концепция антропоцентризма).

Экосистемный подход – экологические нормативы должны быть вариантными для разных экосистем (применение агрегированных показателей – индексов состояния).

Экономические механизмы управления рисками чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера представляют собой приемы и порядки применения экономических средств для регулирования уровня безопасности, а также воздействия на экономические процессы, связанные с предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций.

Экономический стимул является наиболее совершенным в организации дела:

- Механизмы экономической ответственности
- Фондовые механизмы и механизмы бюджетного финансирования
- Механизмы резервирования финансовых, трудовых и материальных ресурсов
- Механизмы стимулирования повышения уровня безопасности (льготные налогообложение и кредитование)
- Применение штрафных санкций
- Механизмы перераспределения риска и страхование.

Ассимиляционный потенциал среды – особый вид природно-ресурсного потенциала. Ассимиляционный потенциал – поглотительная способность биосферы по отношению к выбросам вещества и энергии, поступающим в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности. Ассимиляционный потенциал обеспечивает включение техногенных выбросов вещества и энергии в естественные биогеохимические циклы (ППС).

Принцип «Загрязняющий платит» - основной принцип экономического управления техногенной и экологической безопасностью, является механизмом экономической ответственности.

Платежи за загрязнение окружающей среды призваны:

- Компенсировать эколого-экономический ущерб, наносимый предприятиям в ходе их деятельности
- Нацеливать предприятия на природоохранную модернизацию
- Формировать фонды природоохранных мероприятий.

В России введено 3 вида платежей за загрязнения:

- За выброс в атмосферу загрязняющих веществ
- За сброс в водные объекты или на рельеф местности загрязняющих веществ
- За размещение отходов.

Установлены ПДВ и ПДС. При превышении ПДВ и ПДС – кратное увеличение нормативов платы.

Новый рыночный механизм – продажа прав на загрязнение:

- Региональный уровень

- Глобальный уровень (введение и переуступки «углеродного налога»).

Налоговое регулирование.

Налоговое регулирование – меры косвенного воздействия на экономику, экономические и социальные процессы путем изменения вида налогов, налоговых ставок, установления налоговых льгот, понижения или повышения общего уровня налогообложения, отчислений в бюджет.

Необходимость этой меры обусловлена низкой эффективностью работы значительной части средозащитных сооружений и устройств.

В нашей стране предусмотрены:

- Налоги на использование экологически опасной технологии
- Наценки на выпуск экологически опасной продукции
- Отчисления из прибыли за природоохранные сооружения и оборудование.

Налоговое регулирование обеспечивает:

- Налоговые льготы на прибыль, направляемую на все формы снижения природной емкости производства, уменьшение налогооблагаемой прибыли при осуществлении средозащитных мер и др.
- Налоговые льготы для предприятий, выпускающих природоохранное оборудование, материалы и препараты, а также приборы и оборудование для контроля эмиссий и качества среды
- Дополнительное финансирование и льготное кредитование перспективных экологических программ и проектов, внедрения новых средозащитных средств и экологически безопасных технологий (малоотходных технологий)
- Премияльные выплаты за сублиматное снижение выбросов и сбросов вредных отходов, внедрение экологически безопасных технологий и переработку отходов, повышение качества продукции; улучшение экологического контроля производства и т.д.

Экономическое стимулирование – экономическое побуждение к тому, чтобы деятельность по управлению экологическими рисками велась успешно, результативно и в необходимой мере совершенствовалась.

Включает в себя:

- Налогообложение, штрафные санкции
- Субсидирование: субвенция, софинансирование, дотации.
Дотация ведется на конкретную убыточную продукцию. Субвенция имеет целевое назначение, эти деньги могут не возвращаться государству, если они использованы по назначению. Субвенция обязательно предусматривает софинансирование. Два условия субвенции – потратить деньги там, куда они

выделены, и участие предприятия будет составлять 2/3, за превышение выдвигают штрафные санкции.

- Льготное кредитование
- Ускоренная амортизация природоохранных фондов.
В рамках амортизации рассчитывается срок жизни оборудования, его себестоимость переносится на стоимость целевого продукта.
Природоохранным фондам разрешается ускоренная амортизация.
- Экономическое стимулирование в области управления техногенными и экологическими рисками базируется на двух подходах – поощрении и наказании.

Страхование – система мероприятий по созданию денежного (страхового) резерва за счёт взносов его участников, из средств которого возмещается ущерб, причинённый физическим и юридическим лицам техническими авариями, стихийными бедствиями, несчастными случаями, а также выплачиваются соответствующие денежные суммы в связи с наступлением определённых событий.

Страховым риском является предполагаемое событие, на случай наступления которого проводится страхование. Событие должно обладать признаками вероятности и случайности наступления. Страховым случаем является совершившееся событие, предусмотренное договором страхования или законом, наступлением которого возникает обязанность страховщика произвести страховую выплату страхователю, застрахованному лицу, выгодоприобретателю или иным третьим лицам.

Риск-инженеры строят кривые риска, которые дают возможность определить франшизу, объявить ту зону, которую нужно перестраховывать, и некоторые убытки взять на себя.

Лекция 8. Инновации. Композитные материалы.

Модель инновационного процесса.

Инновация – это реализованная идея, но обязательно новая, не повторяющая то, что было раньше.

Творчество – это рождение новых идей

Наука – это превращение денег в знание

Инновации – превращение знания в деньги

Трансфер технологий – передача научных результатов и разработок в реальную экономику

«Сами по себе идеи невероятно важны и ценны, но это всего лишь идеи. Практически любой может что-нибудь придумать. Воплотить идею в действительность, в конкретный продукт – вот что по-настоящему имеет значение» – Генри Форд.

Пять типичных изменений, вызывающих инновацию:

- Использование новой техники или новых технологических процессов
- Внедрение продукции с новыми свойствами
- Использование нового сырья
- Изменение в организации производства и его материально-технического обеспечения
- Появление новых рынков сбыта

Данная теория лежит в основе международных стандартов (Руководство Осло, Руководство Фраскати).

В современном обществе возникает принципиально новая система создания общественного богатства, в основе которого – образование, исследования и инновации. Поэтому многие исследования последнего времени посвящены вопросу новой роли университетов, которые рассматриваются как один из важнейших инструментов поддержки и усиления инновационного развития. Сегодня университеты во всем мире проходят этап существенной трансформации – наряду с обучением и исследованием (первая и вторая функции университетов) университеты приобретают третью функцию – предпринимательскую, связанную с коммерциализацией результатов научно-исследовательской деятельности. Таким образом, миссия современного образования – подготовка кадров, адекватных требованиям новой экономики, обладающих новыми компетенциями и инновационным типом мышления.

В основе инновационного процесса лежит две гипотезы:

- Гипотеза «Технологического толчка» (от науки к рынку)
- Гипотеза «Давления рыночного спроса» (от потребностей рынка – к науке)

Линейная модель инновационного процесса включает в себя: фундаментальные (теоретические) исследования, прикладные исследования, технологические (опытно-конструкторские) разработки, подготовку производства, само производство, маркетинг и сбыт. Этапы инновационного процесса имеют относительно самостоятельный характер.

Фундаментальные исследования – начальная стадия инновационного процесса и основа базисных инноваций. Цель – разработка теоретического подхода к решению проблемы. ФИ не связаны непосредственно с решением некоторых задач, однако именно они составляют фундамент инновационного процесса. Результаты на выходе включают в себя научные статьи и идеи. 90% ФИ приносят отрицательный результат, 10% – положительный. Только 3% ФИ используются на практике.

Далеко не всегда инновация происходит в результате фундаментальных исследований и прорывных научных открытий. Потребности рынка гораздо чаще являются толчком к инновациям.

Источники инноваций: 60% из рынка, 25% от технологии, 15% из неопределенных источников (внутрифирменные, изобретатели).

Вывод: линейная модель не учитывает влияния окружающей среды (рынка) и сложных взаимосвязей между элементами инновационного процесса.

Определения материала.

Материал – вещество, обладающее свойствами, которые определяют то или иное его практическое применение. Чем больше изучено свойств у вещества, тем скорее оно станет материалом.

Покупка продукта с высокой добавленной стоимостью разово стимулирует производителя. Но продукт, регулярно обновляемый или заменяемый, служит гарантированным источником стабильного дохода, к тому же невысокие требования к качеству данного продукта позволяют снизить его цену, что автоматически расширяет покупательскую аудиторию: хорошие высококачественные вещи стоят дороже, но если мы рассмотрим цену сквозь призму срока службы, то в результате они оказываются дешевле. «Мы не настолько богаты, чтобы покупать дешевые вещи».

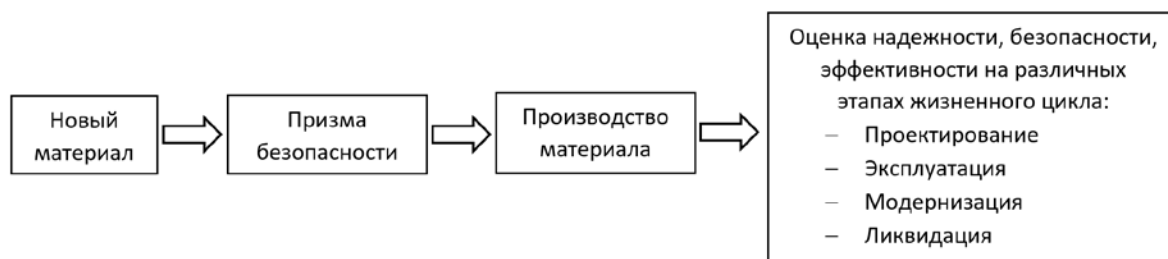


Рис 8.1. Области исследований при производстве.

Надежность технических систем и техногенный риск.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экологические, социальные аспекты и представляет некоторый компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, т.е. можно говорить о снижении индивидуального, технического или экологического риска, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить и каким в результате окажется социальный риск.

Эффективность – способность достичь экологические цели наиболее рациональным, сберегающим затраты путем. Подход к определению классов утечек должен включать анализ потенциальной опасности от возможной утечки в каждом конкретном случае применения арматуры.

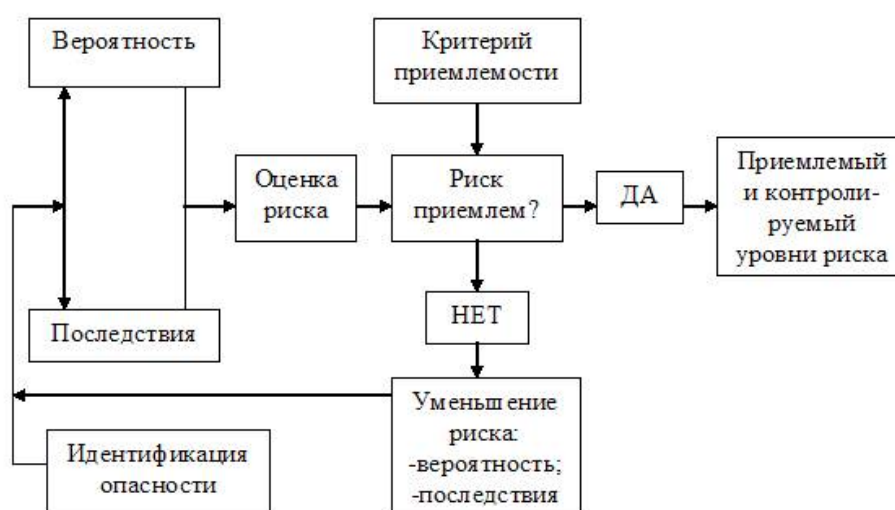


Рис 8.2. Блок-схема анализа техногенного риска.

Концепция устойчивого развития.

Правило 3Р: people, planet, profit.



Рис 8.2. Результат объединения трех основных точек зрения.

Пример отклонения от устойчивого развития: озеро Чад в Африке. В результате бурного развития орошения с 1960-х гг. озеро Чад в Африке уменьшалось до 1/10 своих прежних размеров. Фермеры, пастухи и местные жители между собой за остатки воды, а глубина озера составляет сегодня всего лишь 1,5 м. Другой пример: деградация Аральского моря в Казахстане вследствие забора воды из основных питающих рек для орошения.

Если говорить о безопасности производств, то важно учитывать защиту от молний. Согласно ранним оценкам, частота ударов молний на Земле составляет 100 раз в секунду. По современным данным, полученным с помощью спутников, которые могут обнаруживать молнии в местах, где не ведется наземное наблюдение, эта частота составляет в среднем 44 раза в секунду, что соответствует примерно 1,4 миллиардам молний в год. 75% этих молний ударяет между облаками или внутри облаков, а 25% – в землю. Самые мощные молнии вызывают рождение фульгуритов – спекшиеся от удара молнии SiO_2 . Громоотвод был изобретен Б. Франклином, его принцип работы заключается в ионизации газа и уменьшении напряженности электрического поля вокруг штыря, что снижает вероятность возникновения молнии.

Композитные материалы.

Композиты охватывают авиастроение, атомную промышленность, автомобилестроение, ветроэнергетика, промышленное использование, судостроение, космическую отрасль и товары народного потребления.

Для изготовления композитного материала нужно армирующее волокно. Чаще всего используют стекло, базальт и углеродное волокно. Производство состоит из нескольких стадий: шихтоприготовление, расплавление, вытягивание филаментов, скручивание и снование.

Основной используемый полимер – полиакрилонитрил (ПАН). Термостабилизация происходит в трех зонах с механическим деформированием. На стадии карбонизации при температуре до 1800°C удаляются гетероатомы с выделением кислородсодержащих веществ. Графитизацию проводят при 3000°C в инертной атмосфере.

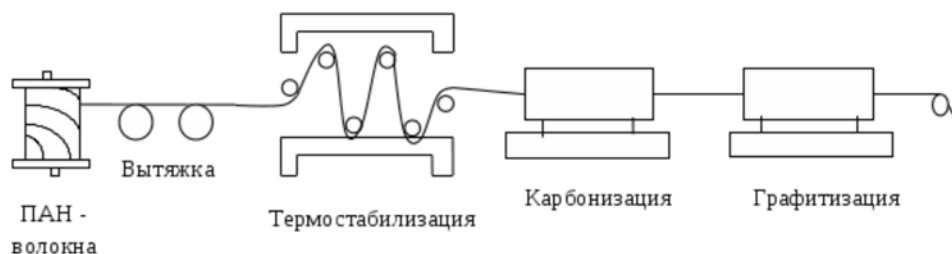


Рис 8.3. Схема получения углеродных волокон.

Волокно превращают в ленту или полотно по участкам плетения. То же самое можно сказать о стекле или базальте.

Текстильная переработка:

- Получение полотен шириной до 1270 мм (в соответствии с наиболее распространёнными стандартами артикулов, применяемых полотен в авиастроении и др. отраслях)
- Возможность получения одновременно 2 полотен авиационной номенклатуры (тканых и однонаправленных) шириной 300-400 мм
- Возможность получения комбинированных тканей (использование 2 и более типов волокон по основе)
- Получение полотен с обрезной кромкой
- Использование шпулярика, специализированного для переработки углеродных волокон
- Специальной защиты электронной системы управления и автоматизации линии от воздействия углеродной пыли
- Оснащена системой применения термопластичных нитей с точным регулированием зоны нагрева в печи

В строительстве небоскребов используются углеродные волокна для амортизации, снижается опасность обрушения зданий при урагане и землетрясениях. Другой важный параметр – конфигурация здания, сужающиеся вертикально строения имеют меньшую амплитуду колебания.

Немало важно защищать от землетрясения уже построенные здания. Изоляция фундамента здесь также может помочь, но есть более простое решение, так называемая усиленная углеродным волокном пластиковая оболочка. Инженеры просто оборачивают пластиковый материал вокруг опорных бетонных колонн и закачивают под давлением эпоксидную смолу между колонной и материалом. Этот процесс может быть повторен 6-8 раз. Таким способом можно укрепить даже здания, которые уже были повреждены землетрясениями. Согласно исследованиям, устойчивость конструкций при применении такого метода возрастает на 24-38%.

Самый простой способ создания композита – ручное формование, раскатывание по стеклу полимера. К плюсам данного метода можно отнести простоту технологии и минимальные затраты на подготовку и проведение процесса формования. Минусом является низкое качество конечного изделия – высокое содержание смолы, высокий вес и низкие прочностные характеристики. Данный метод получил широкое распространение в производстве крупногабаритных изделий, к которым не предъявляются высокие требования по физико-механическим свойствам. В основном технология применима к единичным изделиям или мелкосерийному производству.

При данном процессе формования предварительно раскроенный армирующий материал укладывается в форму, обработанную разделительным агентом и покрытую гелькоутом для создания защитного слоя конечного изделия. После этого армирующий материал пропитывается подготовленным эпоксидным составом (смола и отвердитель) вручную при помощи кисти или валиком. До момента отверждения необходимо уплотнительным валиком прокатать всю поверхность изделия. Если этого не сделать, то в конечном изделии возможно наличие пузырьков воздуха, негативно влияющих на его качество. После отверждения происходит съем изделия из формы и дальнейшая механическая обработка.

Инжектирование в форму подразумевает использование металлической матрицы и пуансона. При производстве по классической технологии обеспечивается глянцевая поверхность с обеих сторон. Предварительно раскроенный сухой армирующий материал укладывается в подготовленную форму. Закрытие формы фиксируется либо крепежными болтами, либо смыкание формы происходит в прессе. В последнем варианте целесообразно использование прессами с плитами нагрева, для равномерного прогрева связующего в процессе инжектирования смолы. Преимуществом данной технологии является возможность производства изделий различной геометрической формы за одну инъекцию, что позволяет исключить необходимость склеивания высоконагруженных элементов, и, как следствие, повысить физико-механические свойства изделия.

Композитная арматура – неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных термоактивным или термопластичным полимерным связующим веществом. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой, из базальтовых – базальтопластиковой, из углеродных – углепластиковой. Для сцепления с бетоном на поверхности композитной арматуры в процессе производства формируются специальные ребра или наносится покрытие из песка.

Базальтовая армирующая сетка разработана для армирования дорожных покрытий. Использование базальтовой сетки значительно увеличивает время между ремонтными работами за счет более равномерного распределения нагрузки на дорожное полотно, а также за счет уменьшения образования трещин из-за температурных циклов. Базальтовая сетка позволяет уменьшить толщину асфальтового покрытия на 20%.

Автоклавное формование – процесс производства деталей автоклавным методом проходит при высоком давлении и температуре, что позволяет получить изделия высокой прочности. Предварительно раскроенный препрег или многослойный пакет из препрега на основе углеродных волокон укладывают в форму, к которой при помощи термостойкого герметизирующего жгута крепят в вакуумный мешок. За счет использования вакуумного насоса в вакуумном мешке создается разрежение и

удаление воздушных включений из ламината. Далее, изделие на специальной тележке, перемещающейся по рельсам, загружается в автоклав. Не отключая вакуум, в автоклаве создают избыточное давление и нагрев до температуры отверждения препрега. Использование автоклавной технологии позволяет производить крупногабаритные изделия, к которым применяются самые высокие требования по качеству. Данный метод малопригоден для крупносерийного производства и находит большее применение в производстве небольших партий высококачественных изделий. Минусом автоклавного метода является высокая стоимость самого автоклава, а также наличие ручного труда, что требует высокой квалификации персонала.

Филаментная намотка заключается в нанесении волокон, пропитанных в ванне со смолой на вращающуюся оправку. В специальный стеллаж (шпулярник) устанавливаются бобины с ровингом. Волокна формируются в ленту и попадают в ванну со смолой, где пропитываются связующим. На выходе из пропиточной ванны излишки смолы снимаются с пропитанного материала и попадают обратно в ванну. Количество связующего в волокнах, а также натяжение нитей регулируется с высокой точностью. Пропитанные волокна наматываются на вращающуюся оправку под разными углами. При помощи технологии филаментной намотки создаются тела вращения различной формы: цилиндрической, конической и др. На станках намотки возможно производство баллонов, емкостей и цистерн для воды и сжиженного газа, производство трубопроводов; изготовление деталей для аэрокосмического и авиационного сектора.

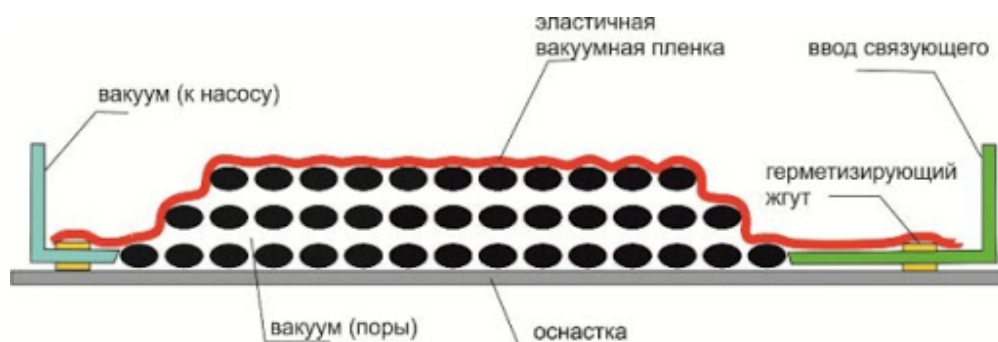


Рис 8.4. Вакуумная инфузия.

Вместе с армирующим материалом укладывается набор вспомогательных расходных материалов. Будущее изделие накрывается вакуумной пленкой и крепится к фланцам оснастки при помощи герметизирующего жгута. К вакуумному мешку, через установленный вакуумный порт, подключают вакуумный насос. Обнаруженные утечки необходимо устранить на данном этапе, так как после подачи смолы процесс будет необратим. Благодаря созданному разрежению, предварительно дегазированная смола, по вакуумной трубке поступает в вакуумный мешок. После пропитки всех

слоев линию подачи смолы перекрывают, при этом вакуум оставляют включенным. Таким образом, исключается наличие воздушных пузырей в конечном изделии. В зависимости от типа эпоксидной смолы и требуемого конструктива, изделие может быть дополнительно отверждено в печи или в автоклаве. При использовании данной технологии обеспечивается высокий конструктив конечного изделия за счет качественного соотношения смолы и армирующего материала. Процесс полностью обратим до момента подачи смолы. Таким образом, нет ограничений по времени при сборке вакуумного мешка.

Лекция 9. Развитие ядерных технологий

Нормы радиационной безопасности.

Источник опасности и необходимость защиты, то есть создания системы безопасности – природа радиоактивного излучения - распада ядра атома. Обеспечить безопасность процесса нельзя воздействуя на распад ядра.

Если взять за 100% все радиоактивные дозы, получаемые человеком за год, то почти 90% будут получены от природы, а не от воздействия ядерных технологий.

Естественная радиоактивность в атмосфере это – земельные участки, сооружения, продукты питания и космические лучи.

Для сокращения воздействия окружающей среды необходимо покупать строительные материалы по ГОСТ, не содержащие элементы уранового ряда, примесей радия и полония. Полоний – самое ядовитое вещество в мире, конденсируемое в листьях табака.

Искусственные источники радиоактивности включают в себя медицинские источники, составляющие летательных аппаратов, последствия ядерного оружия и ядерная энергетика.

Радиационная экология изучает природу и источники радиоактивного излучения, воздействие ионизирующих излучений на человека, принципы радиационного нормирования и радиационного и дозиметрического контроля, способы защиты от излучений, законодательство в области радиационной безопасности.

Пределы доз, установленные МКРЗ, закреплены законодательно действующими в России СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». При выработке норм радиационной безопасности принята концепция линейной беспороговой зависимости риска раковых заболеваний от дозы области малых доз облучения. Другими словами, официальном уровне принято считать, что безопасных доз облучения не существует, и любая доза повышает риск раковых заболеваний.

С 1990 в связи с появлением новых результатов эпидемиологических исследований стохастических эффектов облучения установлена норма: для персонала - 20 мЗв, а для населения - 1 мЗв. В РФ накоплено 600 млн. мЗв РАО активностью 2,5 млрд. Ки. Важнейшая задача – решить проблемы удаления РАО.

Источники поступления радионуклидов в среду.

Радиационная экология изучает природу и источники радиоактивного излучения, воздействие ионизирующих излучений на человека, принципы радиационного нормирования и радиационного и дозиметрического

контроля, способы защиты от излучений, законодательство в области радиационной безопасности.

Источники поступления радионуклидов в окружающую среду и последствия радиационных аварий:

- Ядерные испытания
- Мирные ядерные взрывы
- АЭС и аварии на них
- Аварии на производствах
- Сбросы РАО в Мировой океан
- Аварии на морских и воздушных судах
- Искусственные спутники земли
- Боеприпасы с обедненным ураном.

На полигонах мира в течение 1945 – 1980 гг. было осуществлено 525 атмосферных ядерных испытаний общей мощностью 545 МТ.

В СССР использовались два полигона – Казахстанский и Новая Земля. Испытания за рубежом: Полинезия, Сахара, Зап. Австралия, Гавайские острова, Невада, Аляска и Миссисипи.

Сбросы радиохимическими заводами по переработке ОЯТ:

- Максимальные объемы сброса РАО с Селлафилда и на мысе Аг в Ирландское море и в пролив Ла-Манш, соответственно, в 1974–1978 оказали влияние на техногенную радиоактивность южных частей Баренцева и Карского морей
- В этот период концентрация ^{137}Cs в южной части Баренцева моря достигла 30 Бк/м³, что в 5-6 раз превысило фоновый уровень, обусловленный глобальными радиоактивными выпадениями
- С момента ввода в эксплуатацию (1957) по настоящее время заводом Селлафилд в Ирландское море сброшено 1 Мки ^{137}Cs и 150 Кки ^{90}Sr . В результате водообмена в Баренцево море поступило около 200 Кки ^{137}Cs и 45 Кки ^{90}Sr .

Практика затопления РАО в Мировом океане в 60-70 гг. была общепринятой:

- 1946 - США, Тихий океан, Калифорнии (США)
- 1949 - Великобритания, Северная Атлантика
- 1954 - Новая Зеландия, Южная Корея и Япония, Тихий океан, Японское море
- 1957 - СССР, Баренцево и Карское моря
- 1959 - США, корпус реактора АПЛ «Seawolf», Атлантический океан
- 1960 - Бельгия, Ла-Манш близ побережья Франции.

Начиная с 1946 затопление РАО вели 14 стран в 47 районах Мирового океана. В 1975 вступила в силу международная Лондонская конвенция 1972 по дампингу,

направленная предотвращение загрязнения морей при затоплении РАО по рекомендациям МАГАТЭ.

в СССР/России находятся 18 тысяч объектов различной степени радиационной опасности, которые в основном были затоплены в период «холодной войны» и содержат РАО от эксплуатации АПК Северного и ледокольного флотов. Объекты «наследия», содержащие ДВ на основе обогащенного урана, относятся к классу ядерно-опасных:

- К-27 с двумя жидкометаллическими реакторами (1981; зал. Степового, Н. Земля)
- К-278 («Комсомолец») (1989; Норвежское море); К-159 (2003; Баренцевом море);
- Пять реакторных отсеков с ЯЭУ, две с ОЯТ
- Контейнер с экранной сборкой ОЯТ реактора ледокола «Ленин»
- Баржа с ОЯТ с аварийным реактором АПЛ заказ No 421.

В СССР с 1968 по 1988 было произведено 116 ядерных «мирных» взрывов.

Цель: сейсмическое зондирование земной коры (39), интенсификация добычи и создания подземных емкостей для хранения углеводородного сырья (57). Тройной взрыв (1971) был проведен на севере Пермской области («Тайга») для создания канала в рамках проекта переброски северных рек на юг. Всего планировалось осуществить 250 таких взрывов. Три МЯВ сопровождалось недопустимыми выходами радиоактивности на поверхность из-за нарушений технологии герметизации скважины.

Показано, что взрывные полости негерметичны. Так, в образцах нефти, отобранных на Осинском месторождении (Пермская область) на расстоянии 2-6 км от эпицентра, было обнаружено высокое содержание Т ($2 \cdot 10^7$ Бк/л).

Загрязнение окружающей среды стало принимать угрожающие масштабы, и в 1963 г. СССР, США и Великобритания подписали в Москве договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космосе и под водой.

Главный результат: с 1963 г. интенсивность глобальных выпадений радионуклидов пошла на спад.

Глобальные атмосферные выпадения ^{90}Sr (по данным Департамента энергии США). Максимальное значение соответствует 1963 г.

В России есть 3 площадки, где нарабатывают ядерный компонент: Северск, Красноярск и Озерск. В Красноярске все производство ориентированно внутри горы, реакторы охлаждаются с помощью воды, поэтому произошел выброс радиоактивности в Енисей по всей длине и в Северный океан. Была осуществлена реабилитационная работа, и сейчас вода опасности не вызывает.

ФГУП ПО «Маяк» – первое государственное предприятие по производству компонентов ядерного оружия, расположенный в Челябинске. Основные факторы воздействия «Маяка» на окружающую среду:

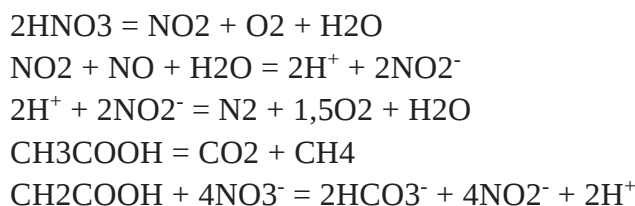
- Сбросы радиоактивных отходов в р. Теча (1949-1956);
создание искусственного Теченского каскада водоемов.
- Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС): тепловой взрыв емкости с ВАО, содержащей HNO_3 и CH_3COOH (1957).
- Создание и эксплуатация открытых хранилищ радиоактивных отходов – оз. Карачай и оз. Старое Болото.
- Ветровой разнос радиоактивных твердых осадков с площадки оз. Карачай (1967).

До создания завода был построен институт биофизики и были подготовлены врачи, также был возведен комплекс хранилищ и емкостей. Полагали, что в день с завода будет выходить 5 м³ радиоактивных отходов, и с помощью емкостей будет возможно их собирать 20 лет, но после запуска радиоактивность отходов оказалась в миллион раз выше, чем предполагалось, все емкости заполнились уже в 1950 г. Строительство новых емкостей стоило 1 млн. рублей в день, мера сброса сточных вод в емкости себя не оправдала. Было принято решения сбрасывать отходы в реку Теча, ее длина 2400 км, но все отходы стали фиксироваться в месте выброса. Болота начали работать как природные фильтры, поэтому была создана система промышленных водоемов для задержки и локализации РАО – Теченский каскад водоемов. Сейчас около 90% радионуклидов депонировано в донных отложениях. Сбросы ЖРО осуществляются 2-5 млн. м³/год с активностью до 2000 Ки/год. С севера и юга водосборная площадь ТКВ ограничена обводными каналами.

Для исключения сброса РАО в открытую гидрографическую сеть р. Теча был создан водоем В-9, но весной 1967 года случилось резкое понижение уровня водоема и, как следствие, обнажение донных отложений на площади около 5 га (50000 м²). В результате сильных ветров произошел перенос донных отложений с активностью до $2,2 \cdot 10^{13}$ Бк (600 Ки) на прилегающие территории. Из-за длительного времени засухи ветер менялся несколько раз, и площадь загрязнения оказалась высокой, не говоря о ее сложной конфигурации. С целью предотвращения радиационных аварий было принято решение о ликвидации акватория В-9.

29 сентября 1957 года произошел тепловой взрыв емкости с ВАО, эта техногенная авария привлекла к поражению большого количества людей и к экологической катастрофа. Авария произошла из-за того, что в емкости находились отходы с различным химическим составом. Температура ЖРО (20 млн. Ки), содержащих HNO_3 и CH_3COOH , хранящихся в нержавеющей емкости объемом 1000 м³ в процессе упаривания поднялась до 160°С.

Взаимодействие окислителя и восстановителя привело к образованию «гремучей» газовой смеси NO_2 , NO , O_2 , CH_4 .



Облако поднялось на высоту 1 км и ушло с северо-восточным ветром. Осаждение радиоактивных частиц привело к загрязнению. 90% активности (18 млн. Ки или $7 \cdot 10^{17}$ Бк) опустилось на промплощадку, 2 млн. Ки сформировало ВУРС.

Иницирующие события возникновения аварии:

- Отказ оборудования
- Нарушение технологического режима
- Аварийная ситуация

Способствующие факторы:

- Отказ системы защиты
- Секретность объекта и процесса
- Уязвимость
- Отсутствие опыта и квалификации персонала
- Халатность – человеческий фактор

Важнейшие экологические задачи ФГУП «ПО Маяк» включают в себя реабилитацию и рекультивацию загрязненной радионуклидами территории и почв, закрытие открытых и приповерхностных хранилищ, снятие с эксплуатации и демонтаж ядерных реакторов.

Вопросы безопасности ядерных технологий:

- Научно-техническое сопровождение (исследования, разработка, проведение испытаний, внедрение) реакторного, радиохимического, химико-металлургического изотопного производств части, касающейся безопасности технологических процессов
- Участие в разработке расчетно-экспериментальных методик учета и контроля ядерных материалов для основных производств
- Исследования для обеспечения радиационной безопасности в части, касающейся дозиметрии и защиты от ионизирующего излучения для действующего и разрабатываемого оборудования
- Исследования для обеспечения взрывопожаробезопасности технологических процессов для действующего и разрабатываемого оборудования
- Исследования оптимизация теплофизических процессов, протекающих в технологическом цикле основных производств

Изучение эффективной защиты от коррозии оборудования
радиохимических производств и реакторных установок
промышленного назначения

- Входной контроль конструкционных материалов
- Обеспечение совместно с подразделениями предприятия разработки методик, инструкций и стандартов по измерению, контролю, оценке и прогнозированию радиоактивного воздействия предприятия на окружающую среду
- Определение необходимого объема контроля параметров воздействия вредных веществ (радиоактивных химически вредных) на окружающую среду на территории промплощадки, санитарно-защитной (СЗЗ) и наблюдательной (ЗН) зонах
- Организация и проведение радиационного мониторинга водных объектов и выбросов 3В из организованных источников
- Разработка нормативов выбросов, сбросов радиоактивных веществ в объекты окружающей среды и контроль за их соблюдением
- Совместно Центром санэпиднадзора организация контроля радиоактивного загрязнения пищевого рациона населения города и населенных пунктов зоны наблюдения
- Выполнение мероприятий по обеспечению безопасности населения и объектов окружающей среды в рамках ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» в части задачи «Решение проблем, накопленных прошлым».



ХИМИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА



teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

