

Лекция 4. Методы анализа и оценки экологического риска

Биосфера — многоструктурная саморазвивающаяся система. Понятие бифуркации. Экосистемы, экологический фактор, классификация экологического фактора. Закон минимума, закон толерантности. Зависимость биологической активности от интенсивности действия экологического фактора и токсичного элемента.

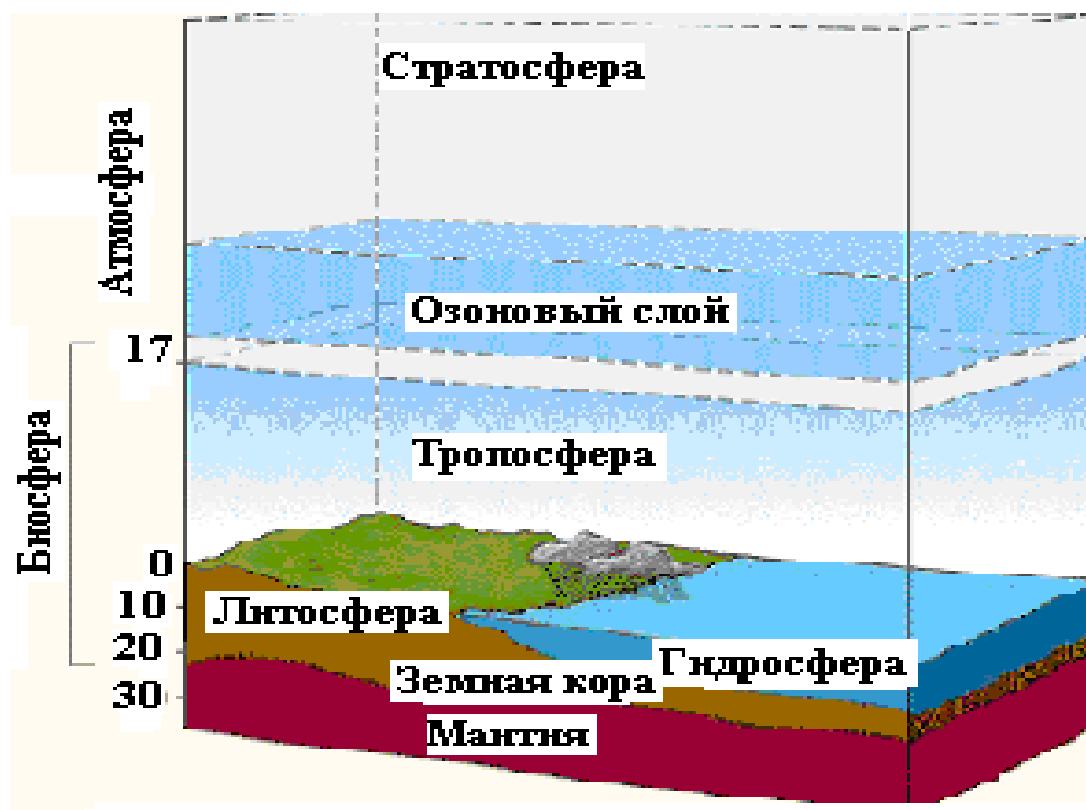
Экологическая безопасность критерии экологической безопасности. Качество и устойчивость окружающей природной среды. Механизмы сохранения устойчивости и качества природной окружающей среды. Критерии оценки качества природных сред. Допустимая нагрузка на экологическую систему . Экологический мониторинг, задачи, виды и структура. Мониторинг антропогенных изменений качества природной среды. Геоинформационные системы и технологии .

Экологический риск, объекты оценки экологического риска. Особенности оценки экологического риска. Показатели экологического риска для человека. Схема формирования риска для здоровья .

Процедура оценки риска для здоровья человека от воздействия загрязнителей. Использование токсикологических методов в оценке риска здоровью. Принцип «пороговости» в установлении безопасных уровней воздействия . Зависимость «доза-эффект» при «пороговом» и «беспороговом» действии загрязнителей. Характерные особенности нестохастических и стохастических эффектов. Оценка риска здоровью на основании зависимостей «доза—эффект . Понятие «доза» при оценке риска для здоровья человека. Подход к оценке доз воздействия. Оценка доз воздействия для загрязнителей общетоксического и канцерогенного действия. Оценка индивидуального пожизненного риска, популяционного риска.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Биосфера — многоструктурная саморазвивающаяся система, представленная геологической, геохимической, экологической и биотической структурами



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Подавляющее большинство природных объектов является открытыми системами, обменивающимися энергией, веществом и информацией с окружающим миром, а определяющую роль приобретают **неустойчивые, неравновесные состояния**.

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

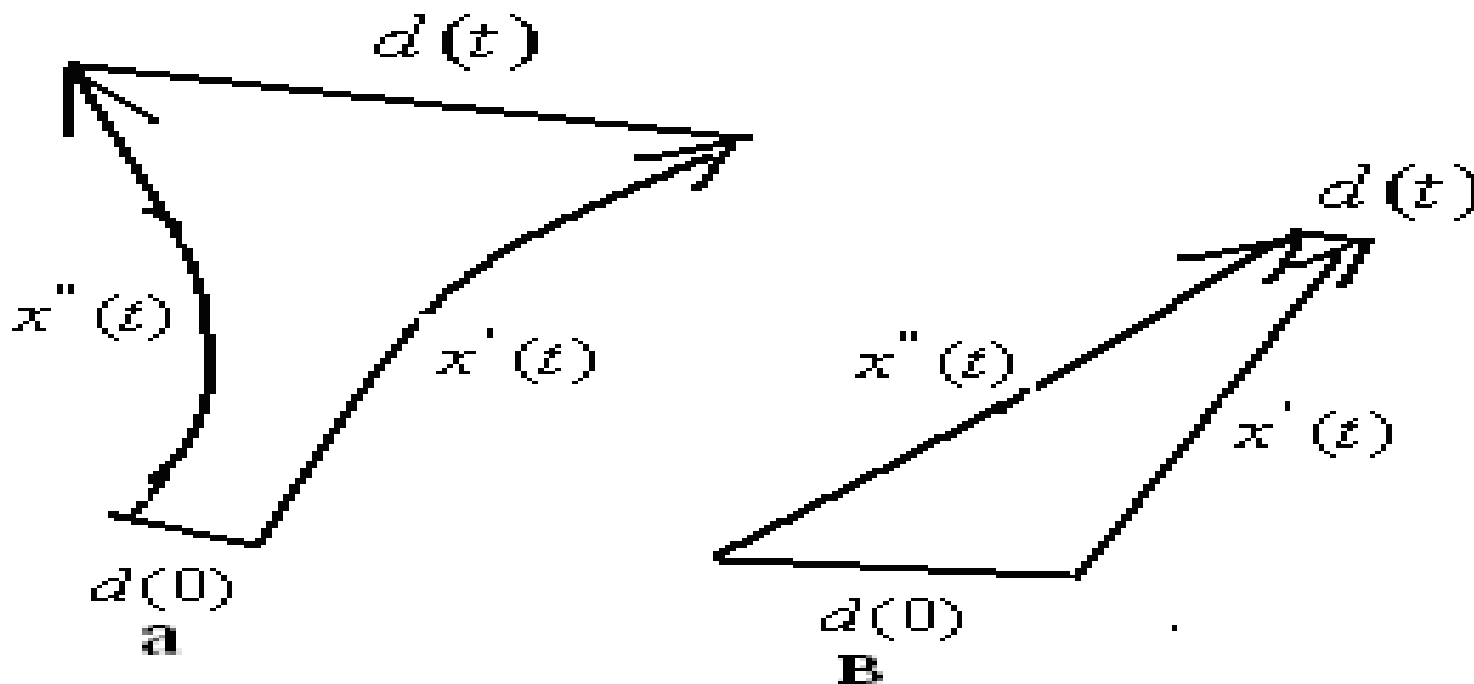
Типичные признаки бифуркации:

чувствительность к малым воздействиям вблизи точки бифуркации (малые причины могут иметь большие следствия), то есть 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.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

**ВАРИАНТЫ ПОВЕДЕНИЯ БЛИЗКИХ ТРАЕКТОРИЙ:
а) чувствительных к начальным условиям; в) устойчивое движение**
(по Ляпунову)



Доцент Николина Е.С. (Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова)

Функции биосферы

Биосфера в целом:

повышение уровня структурной организации;
накопление свободной энергии устойчивого неравновесия

Растительная подсистема:
первичный синтез биомассы
из неорганических
источников

Животная подсистема:
прогрессивные
преобразования
биомассы

Человеческая подсистема:
создание небиологическим (техническим)
путем свободной энергии в искусственных
высокоорганизованных системах

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

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

С экологических позиций **среда** – это природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных отношениях.

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

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

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.

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

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

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

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).

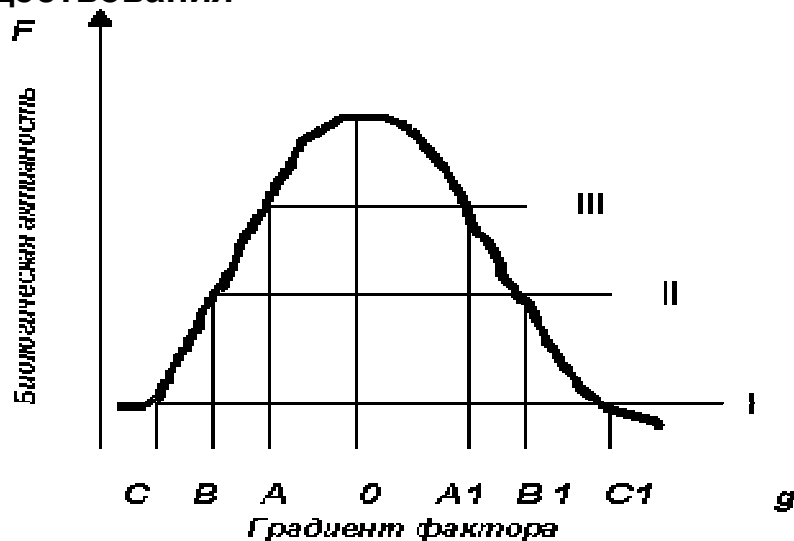
Непериодические факторы — факторы, не имеющие правильной периодичности, цикличности (почвенно-грунтовые факторы, разного рода стихийные явления, примеси в воде, почве и атмосферном воздухе, связанные с деятельностью промышленных предприятий).

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

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Зависимость функции отклика (F) от интенсивности действия фактора среды (g) (Быков А.А., 1997)

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



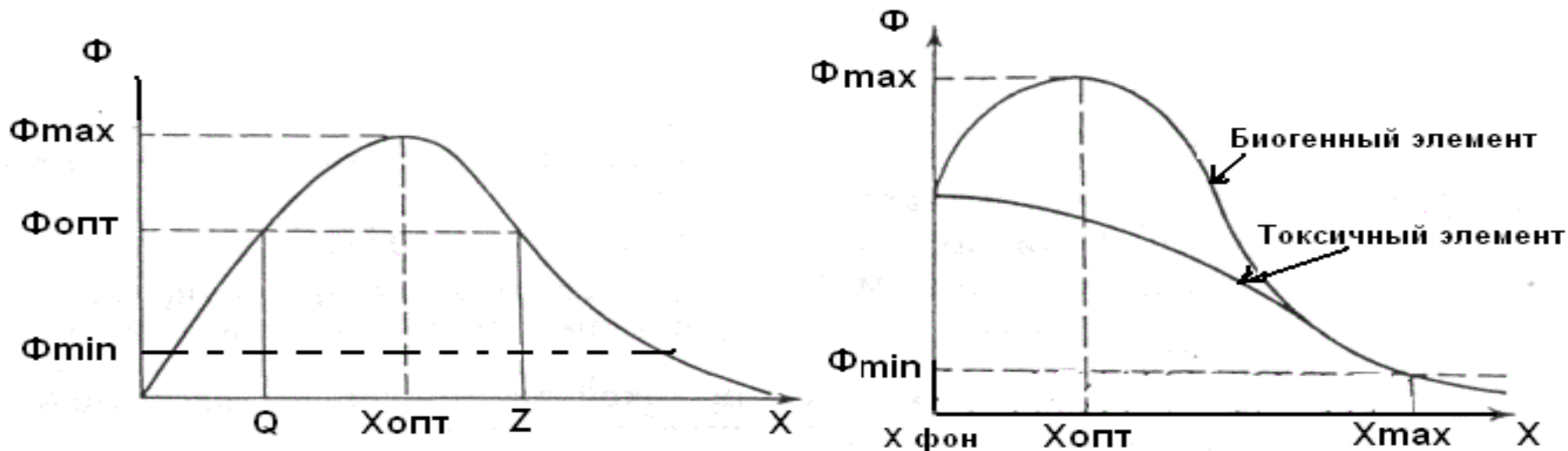
Закон лимитирующих (ограничивающих) факторов: фактор, находящийся в недостатке или избытке, отрицательно влияет на организмы даже в случае оптимальных сочетаний других факторов.

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

I – уровни жизнедеятельности в экстремальных условиях; II- уровни нормального существования особи; III – существование популяции определяют оптимальные значения фактора; (от C до C1 – биоинтервал фактора), (B и B1 - пределы выносливости) (A и A1- оптимальные условия для популяции), 0 - биологический оптимум

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Зависимость уровня жизнедеятельности сообщества от лимитирующего биогенного элемента и токсичного элемента (Быков А.А., 1997)



Q --- константа Михаэлиса, характеризующая производство вещества и утилизацию энергии;

Z --- константа Михаэлиса, характеризующая процессы распада и потери энергии;

Φ ---- функция благополучия;

X ---- фактор воздействия

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Экологическая безопасность, критерии экологической безопасности

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

Критерии экологической безопасности человека : показатели индивидуального пожизненного или годового риска смерти или болезней определенных категорий (показатели здоровья)

Критерии безопасности для отдельных экологических систем -
----- целостность, сохранность их видового состава, биоразнообразия и структуры внутренних взаимосвязей

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- 1. Суперприоритетность**, т.е. включенность в «золотой запас» социальных ценностей;
- 2. Коллективный способ использования ее результатов** (экологическая безопасность должна быть доступна всем гражданам на территории любого государства).
- 3. Гарантия экологической безопасности** находится в одном ряду с гарантией военной, государственной, экономической и личной безопасности, с гарантиями основных прав и свобод человека;
- 4. Экологическую безопасность** можно рассматривать как **составляющую национальной безопасности**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Качество и устойчивость окружающей природной среды

Благоприятная окружающая среда — окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов

Качество окружающей природной среды — состояние экологических систем, постоянно и неизменно обеспечивающее процесс обмена вещества и энергии между природой и человеком и воспроизводит жизнь.

Устойчивость — способность системы сохранять свои свойства при внешних воздействиях:

- **нечувствительность объекта к внешнему воздействию (или резистентность);**
- **способность системы возвращаться в исходное состояние после прекращения воздействия.**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Механизмы сохранения устойчивости и качества природной окружающей среды

- **Постоянство процентного содержания различных элементов**
- **Сохранение стабильности природной среды: самовосстановление, самоочищение, саморегуляция**

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

- **Ослабление влияния загрязнений в атмосфере: разбавление, седиментация, сорбция (например, поглощение некоторых газов растениями), вымывание (осадками), нейтрализация, связывание, прямой вынос из атмосферы на поверхность земли («сухое осаждение»)**
- **Биотическая регуляция ---- динамически замкнутые круговороты воды, питательных элементов (кислорода, углерода, азота, серы, фосфора)**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Критерии оценки качества природных сред

Качество окружающей среды характеризуется физическим, химическим, биологическими и иными показателями

Качество атмосферы:

- соотношение газообразных составляющих (азота, кислорода, углекислого газа и др.);
- концентрация загрязняющих газов и частиц (оксид и диоксид углерода, углеводороды, диоксид серы, производные серы и азота, соединения фосфора, и фтора, аммиак, хлор, фтор-, хлорметаны (фреоны), тяжелые металлы и др.)

Качество воды:

- содержание растворенных химических элементов (хлора, натрия, кислорода, калия, кальция);
- бактериологические и органолептические критерии.

Качество почвы:

- морфологические особенности почвенного профиля;
- химический и минералогический состав;
- совокупность биологических и физических свойств, влияющих на плодородие;
- содержание гумуса и живых организмов.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Контролируемые показатели качества воды

Химическое потребление кислорода (ХПК) — 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;

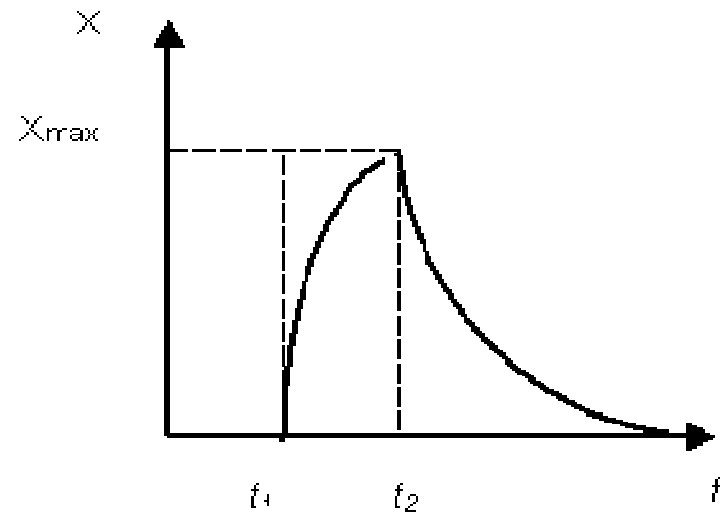
Биологическое потребление кислорода (БПК) — количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени (5, 20 суток, независимо от времени) на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде

Критерии загрязненности почв

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

- высокоопасные (T_p свыше 1 года);
- умеренноопасные (T_p от 0,5 до 1 года);
- малоопасные (T_p до 0,5 года).

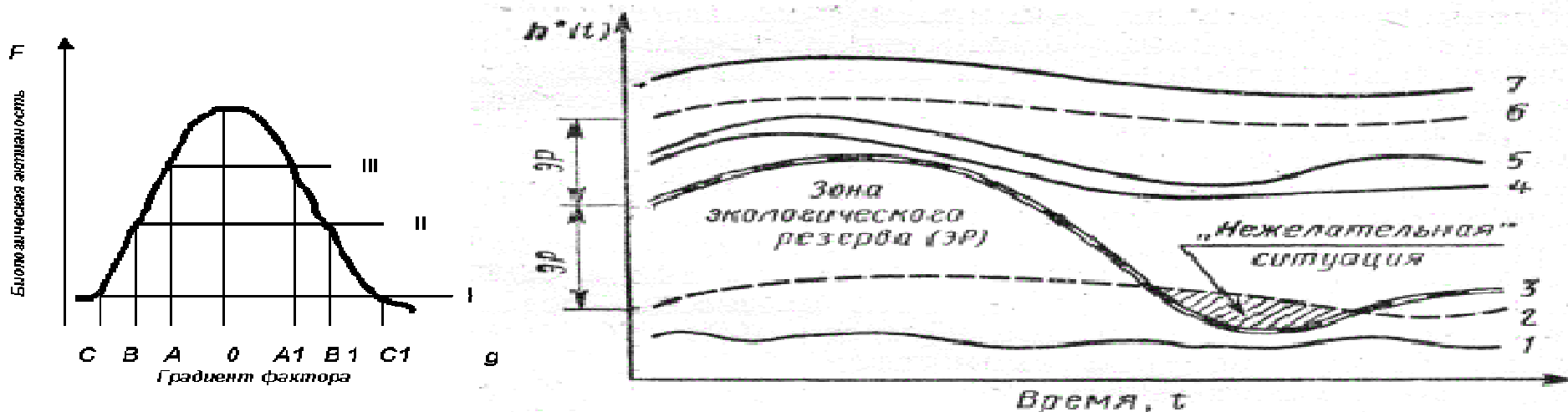
ГОСТ 27593 — 88, ГОСТ 17.4.1.02 — 83



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Допустимая нагрузка на экологическую систему

Критерий допустимой экологической нагрузки ---- отсутствие снижения продуктивности, стабильности и разнообразия экосистемы.



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. (Израэль Ю.А., 1984)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Экологический мониторинг

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

Основные направления деятельности экологического мониторинга:

- Наблюдения за факторами, воздействующими на природную среду и за состоянием среды;
- Оценка фактического состояния природной среды;
- Прогноз состояния природной среды и оценку этого состояния

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 биоты на эти изменения;
- *Климатический* — служба контроля и прогноза климата (охватывает атмосферу, океан, ледяной покров и др.)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Мониторинг антропогенных изменений качества природной среды

(по Ю.А.Израэлю, 1984)

Мониторинг источников



Мониторинг факторов воздействия

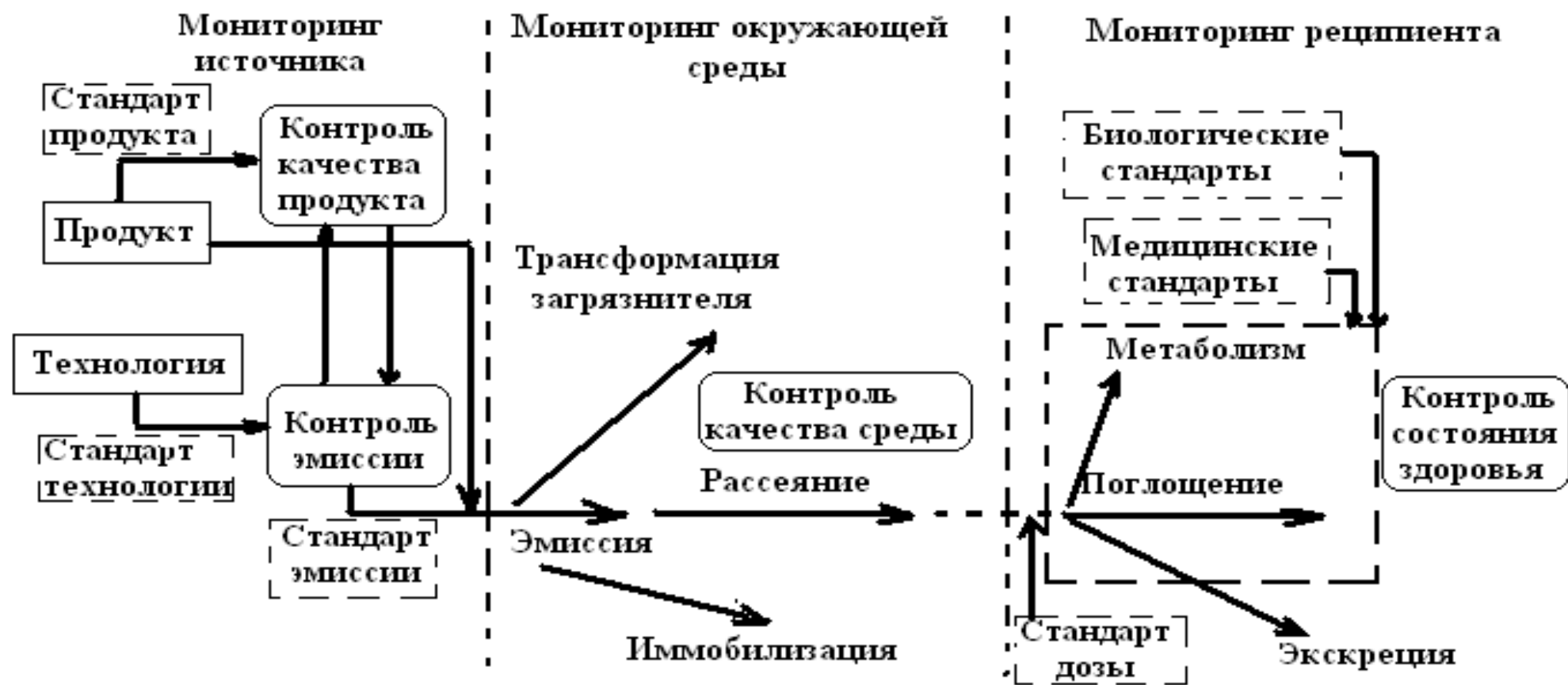


Мониторинг природных сред



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Совмещение функций мониторинга и контроля при техногенном загрязнении природной среды (по Акимовой Т.А., и др., 2007)



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Геоинформационные системы и технологии (ГИС)

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



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Экологический риск – вероятность негативных последствий от совокупности вредных воздействий на окружающую среду, которые влекут за собой необратимую деградацию экосистем (ГОСТ 2156-93)

Объекты оценки экологического риска ---- человек, население, подвергающиеся негативному воздействию, природные среды

Экологические проблемы, как правило, связывают с возникновением **трех видов рисков**:

Риск для здоровья человека (болезни, травмы или смерть в результате воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на человека)

Риск, связанный с ухудшением качества жизни (загрязнение окружающей среды, сопровождающееся негативными экономическими и социальными последствиями)

Экологический риск (неблагоприятные последствия человеческой деятельности для экосистем, растений и животных).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

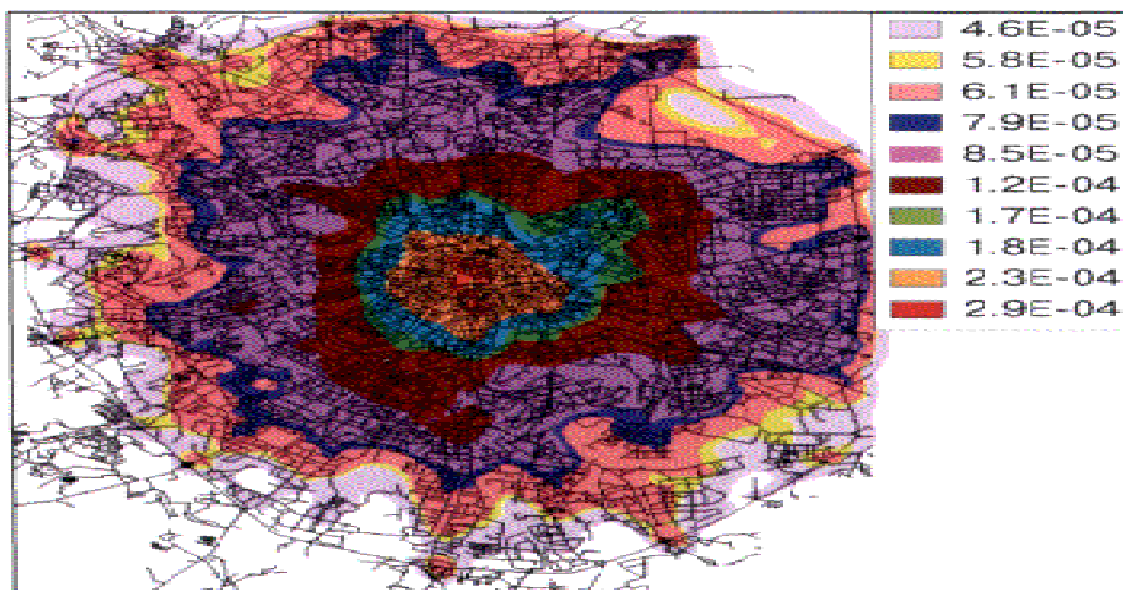
Особенности экологического риска

- *неравномерное распределение* по территории, подвергающейся воздействию, негативного фактора;
- *несовпадение по месту и времени* реализации антропогенного опасного явления и возникновения ущерба;
- *возможная миграция объектов*, подвергающихся негативному воздействию;
- *местные или национальные традиции*;
- *значительная неопределенность в оценках ущерба* по объектам разного уровня;
- *опосредованные формы ущерба, проявление через некоторый период времени* экологического ущерба от негативного события.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Экологический риск для здоровья человека можно выразить :

- **индивидуальный риск;**
- **социальный риск;**
- **потенциальный риск**



Потенциальный территориальный риск заболевания населения, обусловленного воздействием оксидов азота автомобильных выбросов, [1/год] (Алымов В.Т., Тарасова Н.П., 2004).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Оценка риска для здоровья человека от воздействия загрязнителей

Здоровье населения определяется: 50-52% уровень и образ жизни; 20-22% - наследственные факторы; 7-12% - медицинское обслуживание; **18-20(25-33)% - неблагоприятные условия среды**

Риск (здоровью) — ожидаемая частота нежелательных эффектов, возникающих от воздействия загрязнителей



Обобщенная схема формирования риска для здоровья (Быков А.А., 1999).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

В соответствии с процедурой анализа риска система оценки риска включает выполнение ряда последовательных этапов :

- **идентификация риска** (*Risk Collection and Evolution*);
- **оценка характера и силы воздействия** (*Exposure Assessment*);
- **оценка последствий токсического воздействия на организм человека** (*Toxicity Assessment*);
- **определение характеристик риска** (*Risk Characterization*).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Содержание этапов оценки риска для здоровья

Идентификация риска: сбор и обработка данных с учетом структуризации среды (атмосфера, вода, почва, растительность) и загрязнителей (токсичные и канцерогенные загрязнители); составление списка загрязнителей, идентификация источников загрязнения и среды воздействия, установление типа воздействия;

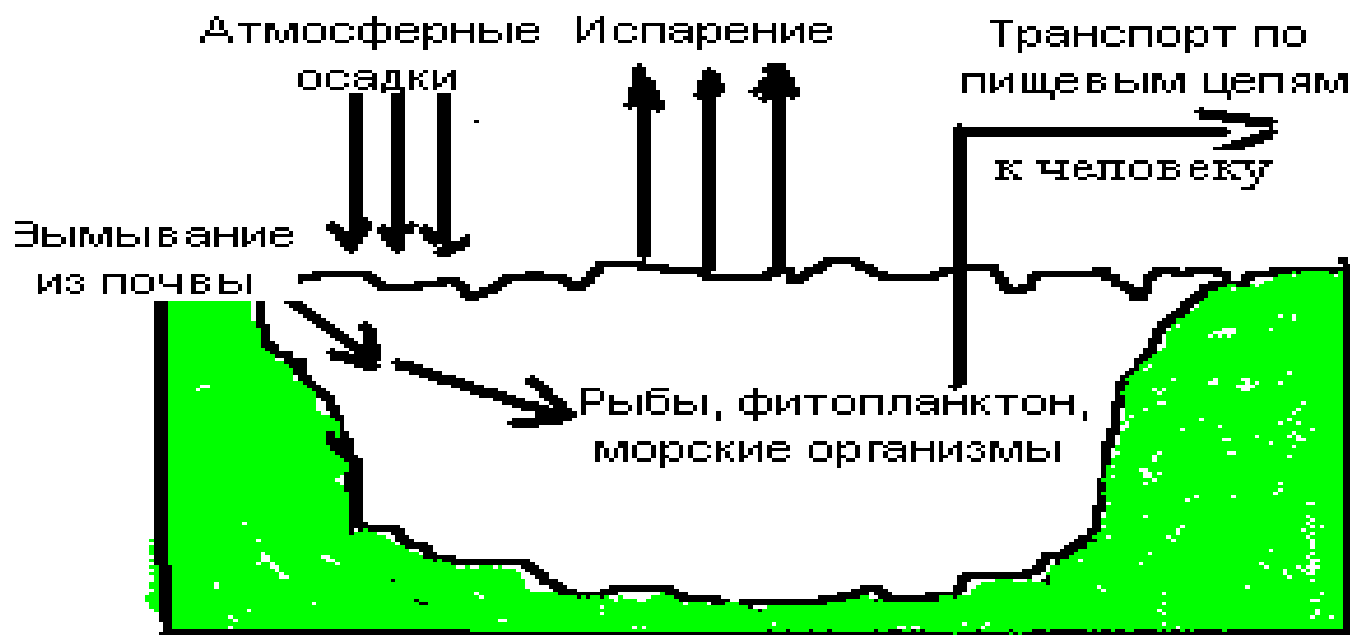
Оценка характера и силы воздействия (оценка экспозиции): определение условий и путей воздействия загрязнителей, теплового, барического воздействия на человека и окружающую среду, определение количественных характеристик воздействия, расчет доз воздействия;

Оценка последствий токсического воздействия на организм человека : оценка взаимосвязи полученной дозы и реакции на нее организма для токсичных и канцерогенных эффектов;

Определение характеристик риска : получение величин показателей риска для отдельных загрязнителей и для их комплекса по разным маршрутам, формирование суммарной оценки риска.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

СХЕМА МИГРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Критерии выбора источников загрязнения и/или веществ для последующей оценки риска:

- выброс в окружающую среду канцерогенных веществ;
- выброс в окружающую среду веществ, действующих на репродуктивную функцию;
- класс опасности выбрасываемых в окружающую среду веществ и соединений;
- кратность превышения предельно допустимых концентраций (ПДК).

Определение взвешенного экспозиционного веса вещества

Эмиссия * Токсичность * Популяция * Экспозиция = Взвешенный экспозиционный вес вещества

ЭМИССИЯ — количество выбрасываемого соединения (в т/год или баллах); **ТОКСИЧНОСТЬ** (в баллах), устанавливается на основе тяжести влияния на здоровье; **ПОПУЛЯЦИЯ** — количество населения, подвергающегося воздействию (численность или баллы); **ЭКСПОЗИЦИЯ** (в баллах).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Использование токсикологических методов в оценке риска здоровью

Токсикология – наука о вредном воздействии на человека, животных и растения химических соединений, поступающих из окружающей среды (производственной, природной, бытовой и пр.).
Токсичность вещества тем больше, чем меньше его количество (доза) вызывает расстройства жизнедеятельности организма.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

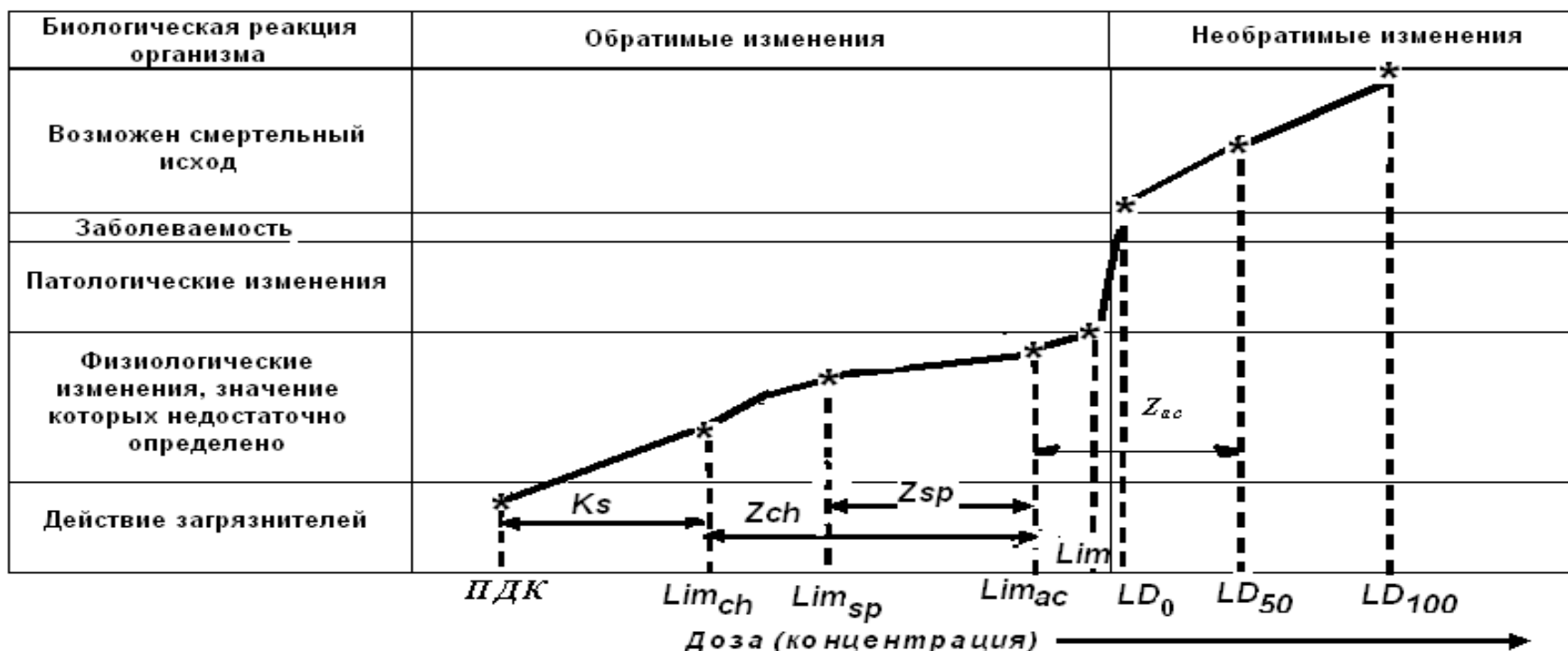
Доза (dose, intake) ---- количество токсичного вещества (или количество излучения, или энергию излучения), поглощенного средой

Токсодоза — количественная характеристика токсичности вещества (отравляющего или сильнодействующего ядовитого), соответствующая определенному уровню поражения при его воздействии на живой организм (мг/кг, мг/кг*день)

Концентрация воздействующего вещества выражается обычно в следующих единицах: мг/м³, мг/л, мг/см³, %, в частях на миллион (ppm)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Принципиальная схема биологической реакции организма («ответа») на количество поступившего в него токсического вещества



- минимальная смертельная доза (концентрация) вещества LD_0 (LC_0) ;
- максимальная (абсолютно смертельная) или стопроцентная доза (концентрация) LD_{max} (LD_{100}), LC_{max} (LC_{100});
- среднесмертельные дозы и концентрации LD_{50}

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) —
такая концентрация химических элементов и их
соединений в окружающей среде, которая при
повседневном влиянии в течение длительного
времени на организм человека не вызывает
патологических изменений или заболеваний,
устанавливаемых современными методами
исследований в любые сроки жизни настоящего и
последующего поколений.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Принцип «пороговости» в установлении безопасных уровней воздействия

Порог вредного действия — минимальная концентрация вещества в объекте внешней среды (или доза, попавшая в организм), при воздействии которой в организме (при конкретных условиях поступления вещества) возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций или скрытая (временно компенсированная патология).

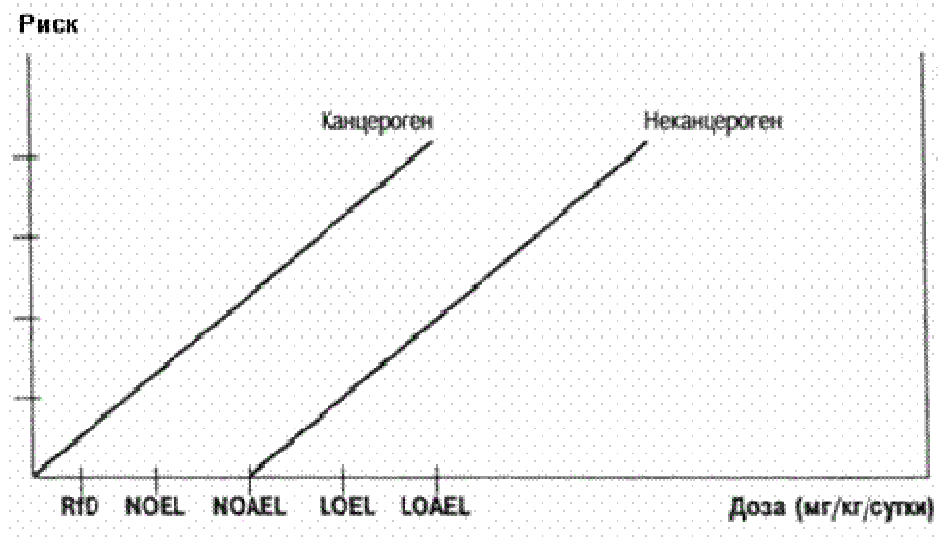
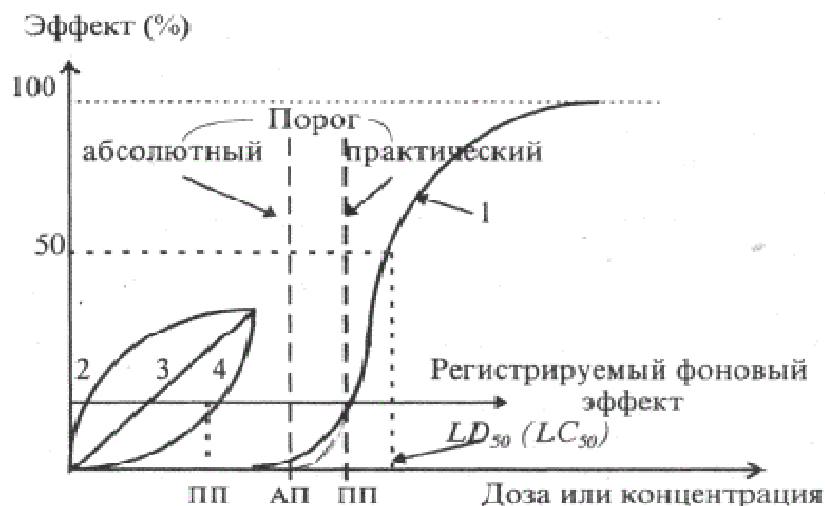
Эффекты воздействия, тяжесть которых зависит от дозы, превышающей пороговое значение, относят к классу **детерминированных эффектов** для здоровья

Эффекты воздействия, которые проявляются при любой конечной сколь угодно малой величине концентрации, относят к классу **стохастических (вероятностных) эффектов** для здоровья

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Оценка риска здоровью на основании зависимостей «доза—эффект (dose-response evaluation)»

Зависимость «доза-эффект» при «пороговом» и «беспороговом» действии



Эталонная доза(уровень, к которому организм оказывается нечувствительным) (*RfD* --- *reference dose*)

Уровень не обнаруживаемого эффекта (*NOEL* – *no observed effect level*);

Уровень не обнаруживаемого вредного эффекта (*NOAEL* – *no observed adverse effect level*);

Минимальный обнаруживаемый уровень эффекта (*LOEL* – *lowest observed effect level*);

Минимальный обнаруживаемый уровень вредного эффекта (*LOAEL* – *lowest observed adverse effect level*).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Характерные особенности нестохастических и стохастических эффектов:

Для **нестохастических** эффектов:

функция «доза-эффект» $X=F(D)$:

- как правило, имеет «порог», т.е. существует доза, отличная от нуля, определяющая границу существования эффекта;
- имеет S-образную зависимость.
- показатель LD50 определяет дозу, при которой у 50% подвергшихся воздействию будет зарегистрирован эффект в течение определенного времени;
- как правило, имеются достаточные статистические данные;
- латентный период отсутствует или очень мал.

Для **стохастических** эффектов :

функция «доза-эффект» $X=F(D)$:

- не имеет порога, т.е. не существует дозы, отличной от нуля, определяющей границу существования эффекта;
- имеет линейный, степенной (квадратичный, линейно-квадратичный) или дробно-степенной (т.н. «надлинейный») вид.
- статистически достоверные данные имеются лишь для области больших доз воздействий.
- проявление эффектов сильно растянуто во времени с большим латентным периодом (10-40 лет).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Допустимая (или референтная) суточная доза (RfD) (суммарная для всех путей поступления) ---- количество токсического вещества, **которое не вызывает определяемого неблагоприятного эффекта после хронического воздействия на всю популяцию, включая наиболее чувствительные подгруппы.** Она исчисляется в мг/кг веса тела в сутки или в мг/кг для лиц с весом 70 кг.

Фактор потенциала (Slope Factor (SF)) ----- коэффициент, отражающий токсический или канцерогенный потенциал при определенном пути воздействия в организм, который определяется зависимостью между силой канцерогенного воздействия (дозой) и произведенным эффектом.

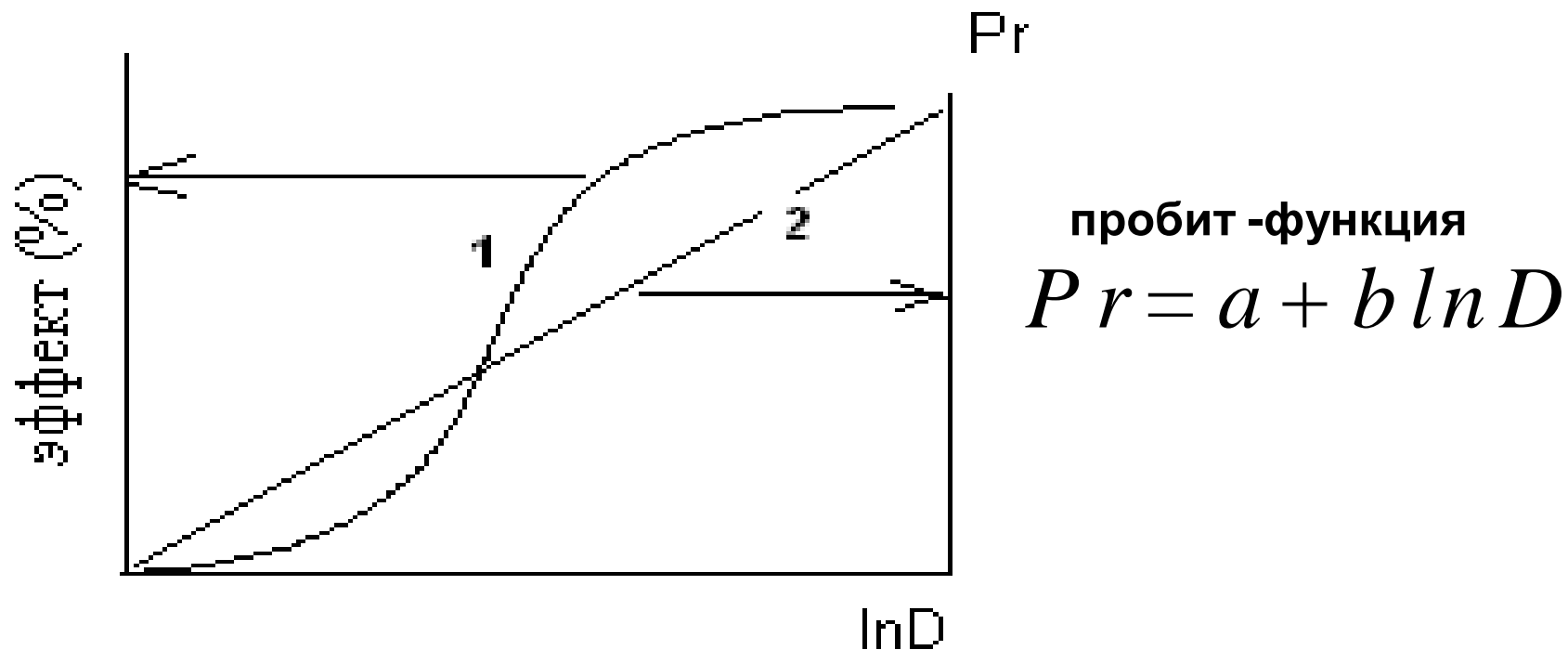
Slope Factor (SF) представляет собой коэффициент пропорциональности между полученной дозой и реакцией человека и выражает величину риска, нормированную по дозе:

$$\text{Slope Factor}(SF) = \text{risk} / \text{dose} \left[\text{mg} / (\text{kg} \cdot \text{day}) \right]^{-1}$$

Размерность SF для единичного сильного воздействия : $(\text{mg} / \text{kg})^{-1}$

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Оценка риска здоровью с использованием модели «доза-эффект»



Преобразование данных S – образной зависимости «доза - эффект» в линейную зависимость «Pr - D»

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Модель «Pr)—функции» в задачах оценки риска для здоровья человека в общем виде может быть записана в виде:

$$P_r = a + b \ln D$$

$$Pr - 5 = a + b LnD$$

a, b – эмпирические коэффициенты, характеризующие специфику воздействия и уровень его опасности,

D — воздействующая (поглощенная) доза

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Полученная доза (intake) — усредненное количество химического вещества, поступившего в организм человека (пересекло внешние границы организма через рот, нос) (в мг на 1 кг веса тела в среднем за день):

$$I = \frac{r * CR * EFD}{BW * AT} \quad \text{мг/кг*сутки)}$$

r – концентрация химического вещества в среде; ***CR*** — объем носителя химического вещества, контактирующего с организмом человека в течение дня; ***EFD*** — продолжительность периода контакта, обычно рассчитываемая с использованием двух характеристик: ***EF*** — частоты воздействия, дней/год; ***ED*** — продолжительности воздействия, лет; ***BW*** — средний вес тела в период экспозиции (кг); ***AT*** — продолжительность усредненного периода в днях.

- **внутренняя действующая доза** – количество вещества, достаточное для взаимодействия с определенным органом или клеткой (биодоза);
- **доза, приведенная к единице времени** (например, мг/сутки);
- **доза, приведенная к единице времени и весу тела** (например, мг/кг*сутки).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Для краткосрочного, но интенсивного контакта (при значительных концентрациях загрязнителя в среде) :

$$I = \frac{r * CR}{BW}$$

При ингаляционном воздействии :

$$I = \frac{r_B * IR * ET}{BW}$$

r_B — средняя концентрация загрязнителя в воздухе, мг/м³; IR — объем вдыхаемого воздуха в течение часа, м³/ч; ET — продолжительность контакта, ч.

При нахождении загрязнителя в воде :

$$I = \frac{CW * IR * ET * ED}{BW * AT}$$

CW — концентрация загрязнителя в воде, мг/л; IR — количество воды, выпитой в течение дня, л/день.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Для атмосферных канцерогенных загрязнителей оценка среднесуточного поступления на кг веса тела в день - дозы воздействия (**мг/кг*сутки**) (**CDI**) через органы дыхания рассчитывается по формуле:

$$I = CDI = \frac{AC * IR * EF * ED}{BW * AT * K}$$

Где **AC**—концентрация загрязнителя в воздухе, (**мкг/м3**); **IR** – интенсивность дыхания (**м3/сутки**) для взрослых принимается **20 м3/сутки**; **EF**—частота экспозиции (**сутки/год**) (**350 сут/год**); **ED** --- продолжительность экспозиции (например **70 лет**); **BW**—средний вес тела в период экспозиции (**70 кг**); **AT** – время усреднения (**сутки**) (**365 сут x 70 лет = 25550 сут.**); **K**—переводной коэффициент **1000 (мкг/мг)**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Индивидуальный пожизненный риск смерти (LR) определяется степенью токсичности рассматриваемого вещества, которая рассчитывается в виде величины SF [(мг/кг*сут)⁻¹] и величиной его среднесуточного поступления (CDI) в течение жизни:

$$LR = CDI * SF$$

Популяционный риск — число случаев смерти или заболеваний, которое может возникнуть во всей популяции или в отдельных ее группах (наиболее уязвимых) в результате воздействия изучаемого загрязнителя.

Популяционный риск = Индивидуальный риск * Численность населения
(численность группы)

Индекс риска (hazard index ---HI) – если $HI > 1$, то при существующем уровне воздействия, могут существовать неканцерогенные эффекты .

$$HI = E / RfD$$

E – усредненная доза; RfD ----пороговая доза

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Пример 1. Концентрация бензола в источнике питьевой воды 0,000875 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет (т.е всю жизнь) (хроническое воздействие). В течение всего времени человек потребляет ежедневно 2 л воды. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. SF для бензола = $0,029$ (мг/кг*день)⁻¹

Оценить вероятность (риск) возникновения злокачественного заболевания у человека при потреблении загрязненной бензолом воды.

РЕШЕНИЕ

$$I = CDI = \frac{0,000875(\text{мг/л}) * 2 (\text{л/день}) * 70 (\text{день/год}) * 70 (\text{год})}{70 (\text{кг}) * 70 (\text{год}) * 365 (\text{день/год})} = 4,8 * 10^{-6} (\text{мг/кг*день})$$

$$R = CDI * SF = 4,8 * 10^{-6} * 2,9 * 10^{-2} = 14 * 10^{-8} = 1,4 * 10^{-7}$$

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.

Пример 2. Концентрация фенола в источнике питьевой воды **3,5 мг/л**; **нитробензола 0,0035 мг/л**, **цианида 0,0105 мг/л** ; вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет (т.е всю жизнь) (хроническое воздействие). В течение всего времени человек потребляет ежедневно 2 л воды. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год.

Значения референсных доз (RfD): для фенола –0,6 (мг/кг*день); для нитробензола – 0,0005 (мг/кг*день); для цианида – 0,002 (мг/кг*день).

CDI (фенол) = 0,1(мг/кг*день);

CDI (нитробензол) = 0,0001(мг/кг*день) ;

CDI (цианид) = 0,0003(мг/кг*день)

Можно ли ожидать токсическое воздействие на человека при потреблении загрязненной воды?

РЕШЕНИЕ

$$HI = CDI / RfD$$

$$HI_{\text{фенол}} = 0,1 / 0,6 = 0,167; HI_{\text{нитробензол}} = 0,0001 / 0,0005 = 0,2;$$

$$HI_{\text{цианид}} = 0,0003 / 0,002 = 0,015; HI_{\text{общ}} = 0,167 + 0,2 + 0,0015 = 0,382;$$

$$HI_{\text{фенол}} < 1; HI_{\text{нитробензол}} < 1; HI_{\text{цианид}} < 1; HI_{\text{общ}} < 1$$

Токсического воздействия нет.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 4. Доц. Николина Е.С.