

# Анализ опасностей и принятие решений в области обеспечения

## БЖД Вопросы:

1. Идентификация опасности
2. Количественная оценка экологических опасностей
3. Методы количественной оценки опасности предприятия
4. Показатели и критерии опасности окружающей среды
5. Риск. Оценка и управление экологическим риском
6. Системный анализ безопасности
7. Процесс принятия решений в области

# Идентификация опасности

**Опасность** характеризуется:

- Наличием источника (вещества, энергии, информации)
- Совпадением по времени действия источника и объекта защиты
- Превышением уровня воздействия над допустимым
- Пространственным распространением (зоной)

**Идентификация опасности**- процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных характеристик опасности, необходимых и достаточных для разработки систем предупреждения, предотвращения, смягчения негативного воздействия на организм человека

При идентификации выявляются:

- Виды опасностей
- Вероятность их проявления
- Пространственная локализация
- Возможный ущерб
- Количественные характеристики
- Возможные причины и следствия
- Закономерности развития

**Критерии ранжирования:** значения выбросов канцерогенных(1) и токсичных (2) веществ, разделение веществ по классам опасности, по кратности превышения ПДК

# Количественные характеристики экологических опасностей

Количественными мерами негативных **экологических факторов** воздействия на организм являются:

1. Концентрация загрязняющих веществ в ОС (количество ЗВ в единице массы или объема компонента ОС)

$$C_i = m_i / V, \quad (\text{мг/м}^3)$$

2. Экспозиция - продолжительность воздействия ЗВ на организм.

$$E = \int C_i(t) dt \quad (\text{сек})$$

3. Доза поглощенная (биологически эффективная) - количество загрязнителя, которое получил критический орган организма за определенное время

$$D_{\text{эфф}} = \int f(x) g C_i(t) dt \quad (\text{мг}),$$

Где  $f(x)$  - частота контакта,  $g$  - доля поглощенного вещества

4. ПДК - предельное количество загрязнителя в среде, которое при постоянном или временном воздействии на организм не вызывает неблагоприятных последствий для его здоровья или его потомства

Различают:

ПДК P-з. - воздействие ЗВ в течение 8 часов на все время трудового стажа

ПДК СУТ - среднесуточное значение

ПДК М.Р. - не превышающая допустимую в течение 20 минут

Эффект суммации:  $\sum C_i / \text{ПДК}_i \leq 1,0$  (для веществ однонаправленного действия)

# Методы количественной оценки экологической опасности предприятия

1) Токсическая опасность источника загрязнения

$$ТО = \sum \left\{ \left( \frac{c_i}{ПДК_i - 1} \right) m_i \right\},$$

где  $m_i$  - масса выброса, тонн в год

2) Класс опасности предприятия

$$КОП = \sum \left( \frac{m_i}{ПДК_i} c_i \right) a_i,$$

где  $a_i$  - безразмерная константа (степень вредности по отношению к вредности сернистого газа)

	Класс опасности предприятия			
	$КОП \geq 10^{-6}$	$10^{-6} \leq КОП \leq 10^{-4}$	$10^{-4} \leq КОП \leq 10^{-3}$	$КОП \leq 10^{-3}$
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

# Меры опасности среды (воздух)

1) Индекс загрязнения атмосферы

$$\text{ИЗА} = \sum (q_i / \text{ПДК}_i) \cdot m$$

где  $q_i$  - средняя за год концентрация ЗВ,  $m$  - коэффициент, соответствующий классу опасности вещества ( $m=0,5; 1,0; 1,3; 1,5$  соответственно для 4; 3; 2; 1 классов опасности ЗВ)

Характеристика среды	Значение ИЗА
Уровень загрязнения не опасен	$\text{ИЗА} \leq 5$
Есть вероятность заболевания	$5 \leq \text{ИЗА} \leq 8$
Кризисное состояние	$8 \leq \text{ИЗА} \leq 15$
Катастрофическое состояние	$\text{ИЗА} \geq 15$

## Меры опасности среды (вода)

2) Индекс загрязнения воды (ИЗВ):

$$\text{ИЗВ} = (1/n) \sum (C_i / \text{ПДК}_i),$$

Где n - число источников загрязнения

Класс качества воды	Оценка в баллах	Качество воды	Величина ИЗВ
I	0	Очень чистая	$\text{ИЗВ} \leq 0,3$
II	0	чистая	$0,3 \leq \text{ИЗВ} \leq 1,0$
III	1	Умеренно загрязненная	$1,0 \leq \text{ИЗВ} \leq 2,5$
IV	2	загрязненная	$2,5 \leq \text{ИЗВ} \leq 4,0$
V	3	грязная	$4,0 \leq \text{ИЗВ} \leq 6,0$
VI	4	Очень грязная	$6,0 \leq \text{ИЗВ} \leq 10,0$
VI	4	Чрезвычайно грязная	$\text{ИЗВ} \geq 10,0$

## Меры опасности среды (почва)

3) Индекс загрязненности почвы (ИЗП):

$$\text{ИЗП} = \sum C_i / C_{\text{ф}} - (n-1),$$

где  $C_{\text{ф}}$  - фоновое загрязнение

Качество почвы	Оценка в баллах	ИЗП
Удовлетворительное	1	$\text{ИЗП} \leq 16$
Риск заболеваний	2	$16 \leq \text{ИЗП} \leq 32$
Чрезвычайная ситуация	3	$32 \leq \text{ИЗП} \leq 128$
Экологическое бедствие	4	$128 \leq \text{ИЗП}$

# Основные положения теории риска

**Риск** - это частота реализации опасностей, отношение числа неблагоприятных последствий  $n$  для человека к их возможному числу  $N$  за определённый период времени.

Риск на одного человека определяется зависимостью:

$$R = \frac{n}{N}$$

Различают **общий** риск без деления на социальные группы и **социальный** или групповой риск. Общий риск рассматривают также по различным сферам деятельности.

Определяя риск, указывают класс последствий: получения травмы, заболевания, летального исхода.



# Риск-произведение вероятности нежелательного события и степени его последствий

$$R = \sum P_i \times Y_i,$$

где  $P_i$ -вероятность события в результате воздействия,  
 $Y_i$ -ущерб в результате воздействия

**Приемлемый (допустимый) риск**- число жертв (смерть, хроническое заболевание) не превышает 1 случай на 1 миллион жителей ( $R=10^{-6}$ ).

**Пренебрежимо малый** риск-1 случай на 100 миллионов жителей ( $R=10^{-8}$ )

Для возникновения **экологического риска** **необходимо и достаточно:**

- Наличие источника опасности
- Воздействие источника превышает предельно допустимое значение
- Имеется организм, воспринимающий воздействие (во времени и пространстве)
- Имеются пути передачи вредного воздействия

**Вероятность травмы  $P(t)$**  при воздействии  $i$ -того опасного фактора(его вероятность действия  $P_i$ ) при вероятности нахождения в опасной зоне  $P_t$  определяется по формуле для независимых событий

$$P(t) = P_i \times P_t = (1/T)^2 (t_i \times t_p),$$

где, соответственно, время :  $T$ - смены,  $t_i$ -действия фактора,  $t_p$ -нахождения в опасной зоне

# Категории безопасности для профессиональной деятельности

Для профессиональной деятельности выделяют **четыре категории безопасности** в зависимости от риска гибели человека:

1. Условно безопасная ( $R < 10^{-4}$ ).
2. Относительно безопасная ( $R = 10^{-4} - 10^{-3}$ ).
3. Опасная ( $R = 10^{-3} - 10^{-2}$ ).
4. Особо опасная ( $R > 10^{-2}$ ).

Концепция абсолютной безопасности (нулевого риска) неосуществима, поэтому общество на данном этапе развития принимает концепцию «приемлемого риска».

## Сравнение уровней риска

Отрасль, вид деятельности	Уровень риска x10 <sup>-7</sup> , смертей/год
Горные работы	3,0
металлургия	0.6
транспорт	3,0
строительство	2,0
энергетика	0.6
Химическая промышленность	0.4
машиностроение	0,4
деревообработка	0,5
пищевая	0.5
торговля	0,4
ДТП	3000
ПОЖАРЫ	400
Электричество	50
Радиация	0,005
Водоемы	300

# Примеры уровня риска

6

## Данные по риску гибели человека в США за год

	Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$		Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
	Пожар	$4 \cdot 10^{-5}$		Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
	Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$		Железнодорожный транспорт	$4 \cdot 10^{-7}$
	Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$		Радиационно опасные объекты	$2 \cdot 10^{-10}$

Общий риск гибели человека за год -  $6 \cdot 10^{-4}$

Потери **США** в год составляют 150000 человек.

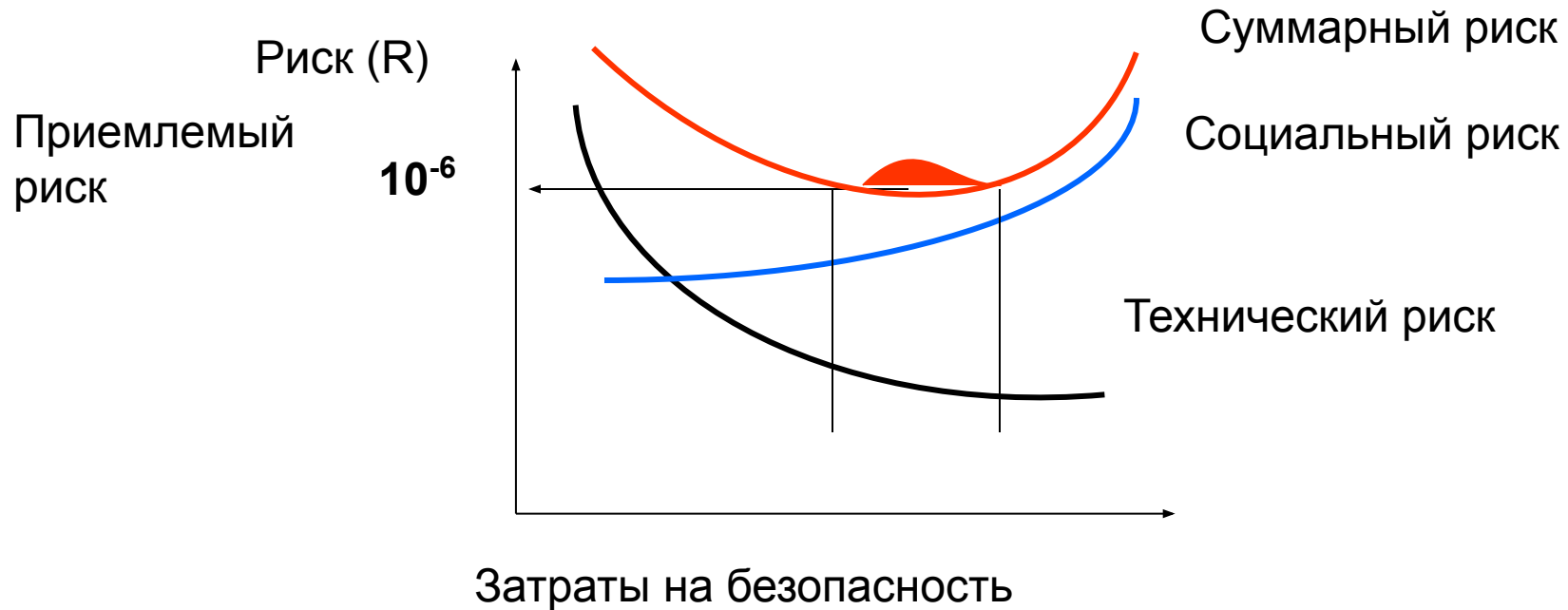
## Приемлемый риск

**Приемлемый риск** - это такая частота реализации опасностей, которая сочетает в себе технические, экономические, экологические и социальные аспекты и представляет собой компромисс между уровнем безопасности и возможностями общества по её достижению на данный период времени.

При увеличении затрат на техническую, природную и экологическую безопасности риск снижается, но может возрасти риск в социальной сфере, так как будет ощущаться нехватка средств на медицинскую помощь, на охрану и на оздоровление населения.

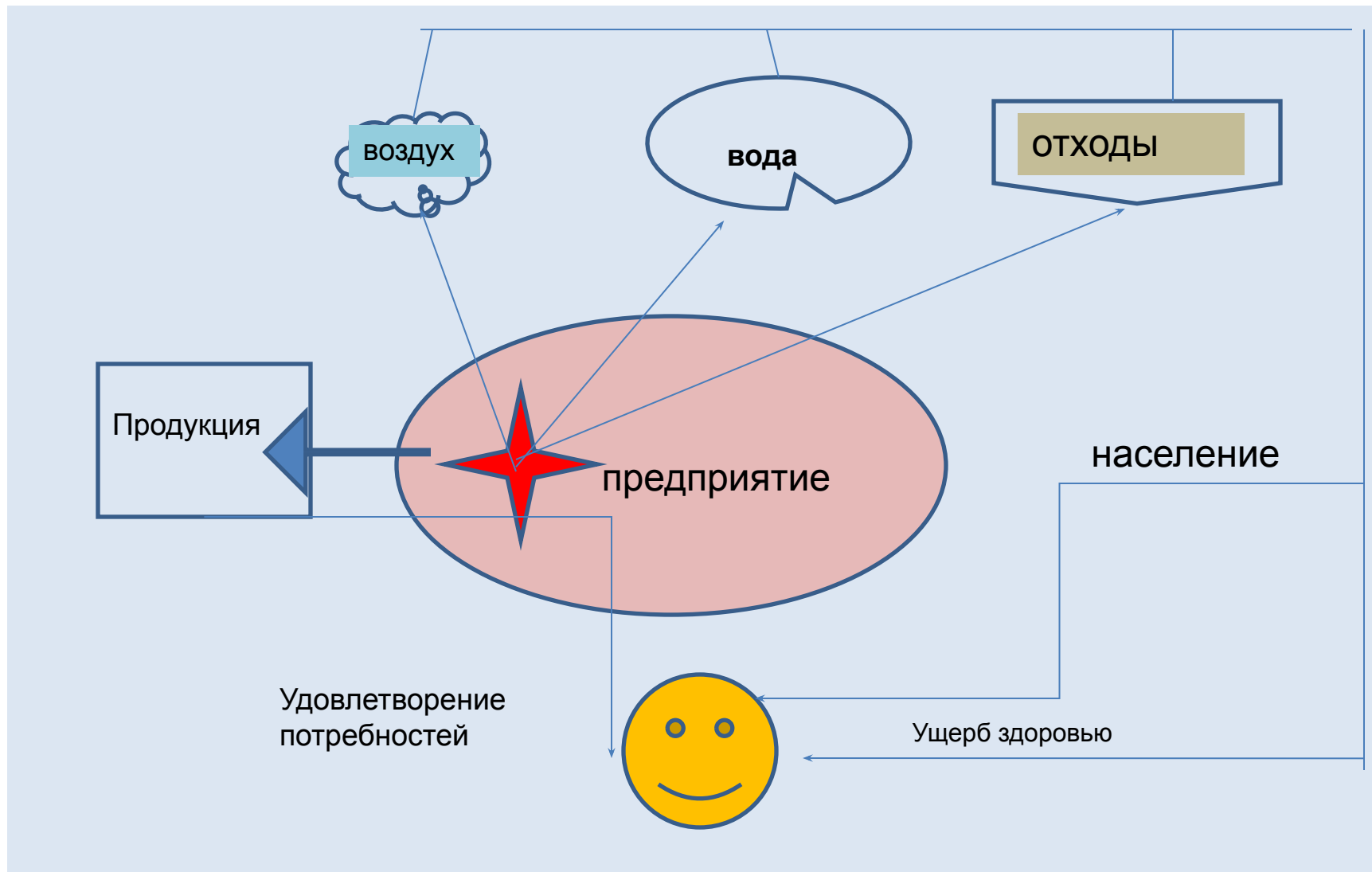
Суммарный риск  $R_{\text{сум.}}$  имеет минимум при определённом соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Эта величина принимается за «приемлемый риск».

# Определение «приемлемого» риска

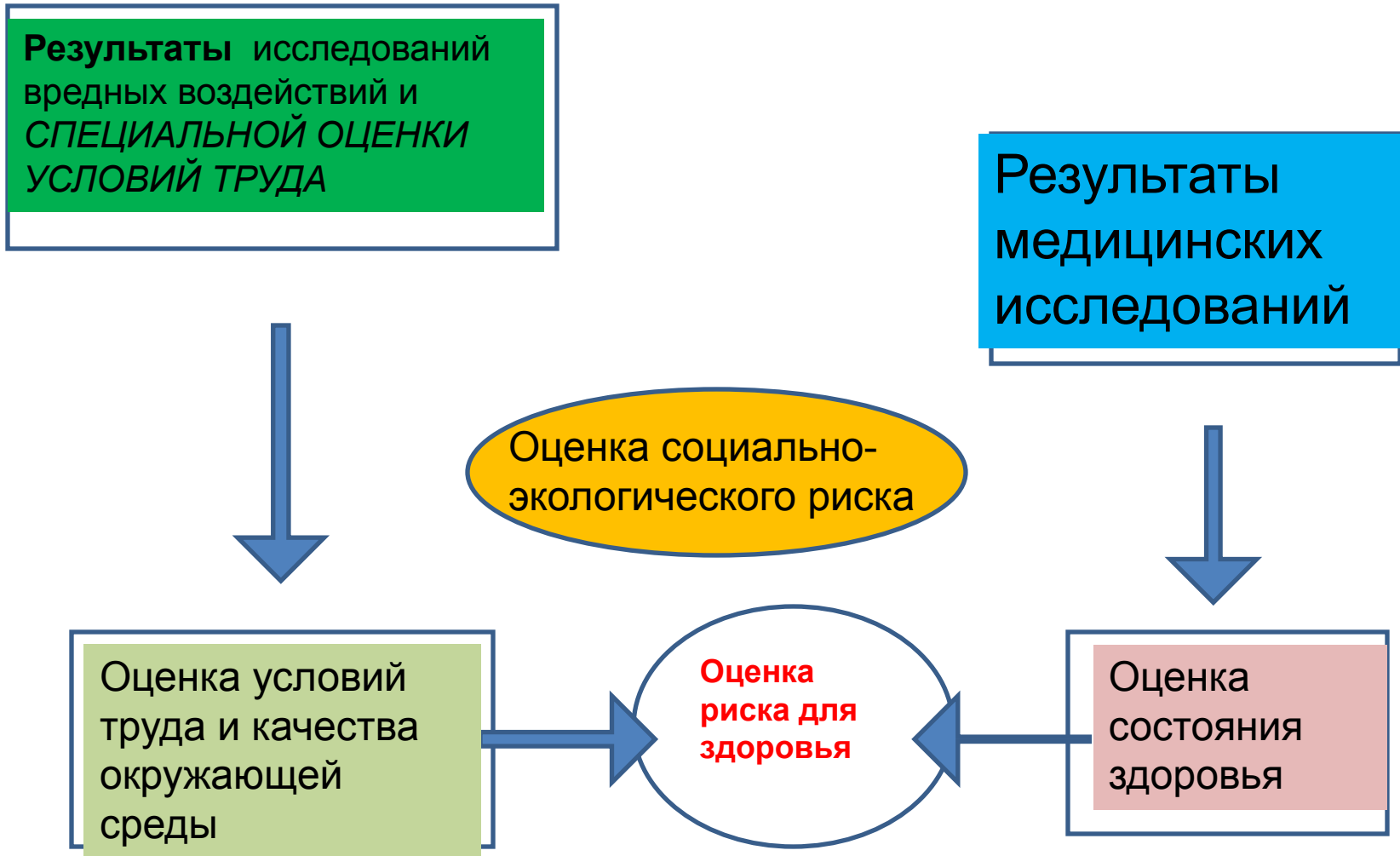


*Во многих странах общим «приемлемым» риском гибели человека считается величина  $10^{-6}$  в год, а пренебрежимо малым риском, к которому должно стремиться человечество, является величина  $10^{-8}$  за год.*

# Риск смерти от загрязнения окружающей среды



# Схема оценки рисков





# Оценка и управление экологическим риском



# Оценка экологического риска

## Процедуры:

- 1) Идентификация опасности* (выявление факторов и определение того, какие нежелательные эффекты могут быть вызваны различными факторами)
- 2) Оценка зависимости «доза-ответ»*
- 3) Оценка воздействия определение уровня воздействия до и после регулирующих мер*
- 4) Характеристика риска*- описание природы риска и степени влияния на здоровье

# Идентификация опасности

**Идентификация опасности химического загрязнения среды:**

*Выявление источников загрязнения, их концентрации и путей миграции его в ОС по данным экологического мониторинга*

Приоритеты:

- 1) канцерогенные вещества
- 2) вещества, влияющие на репродуктивную функцию
- 3) имеющие наибольший класс опасности
- 4) По кратности превышения ПДК

*Источники загрязнения выбираются путем ранжирования на основе Взвешенного Экспозиционного Веса вещества:*

**Взвешенный экспозиционный вещества (ВЭВВ)=**

**Эмиссия x Токсичность x Популяция X Экспозиция**

- ЭМИССИЯ-количество выбрасываемого вещества в год (или в баллах)
- ТОКСИЧНОСТЬ (в баллах) устанавливается на основе тяжести влияния на здоровье
- ЭКСПОЗИЦИЯ (в баллах) –тип, частота и уровень времени воздействия
- ПОПУЛЯЦИЯ-(численность или баллы) –количество населения, подвергающееся воздействию

## Определение дозы воздействия загрязненного атмосферного воздуха

*Доза воздействия* - среднесуточное поступление загрязнителя, рассчитанное на кг массы тела:

Для поступления ЗВ ингаляционным путем (CDI)

$$CDI = AC \times IR \times EF \times ED / (BW \times AT \times K), \text{ где}$$

AC - концентрация загрязнителя в воздухе, мкг/м<sup>3</sup>

IR - интенсивность дыхания человека (для взрослых 20 м<sup>3</sup>/сут)

EF - частота экспозиции (350 сут/год)

ED - продолжительность экспозиции (70 лет)

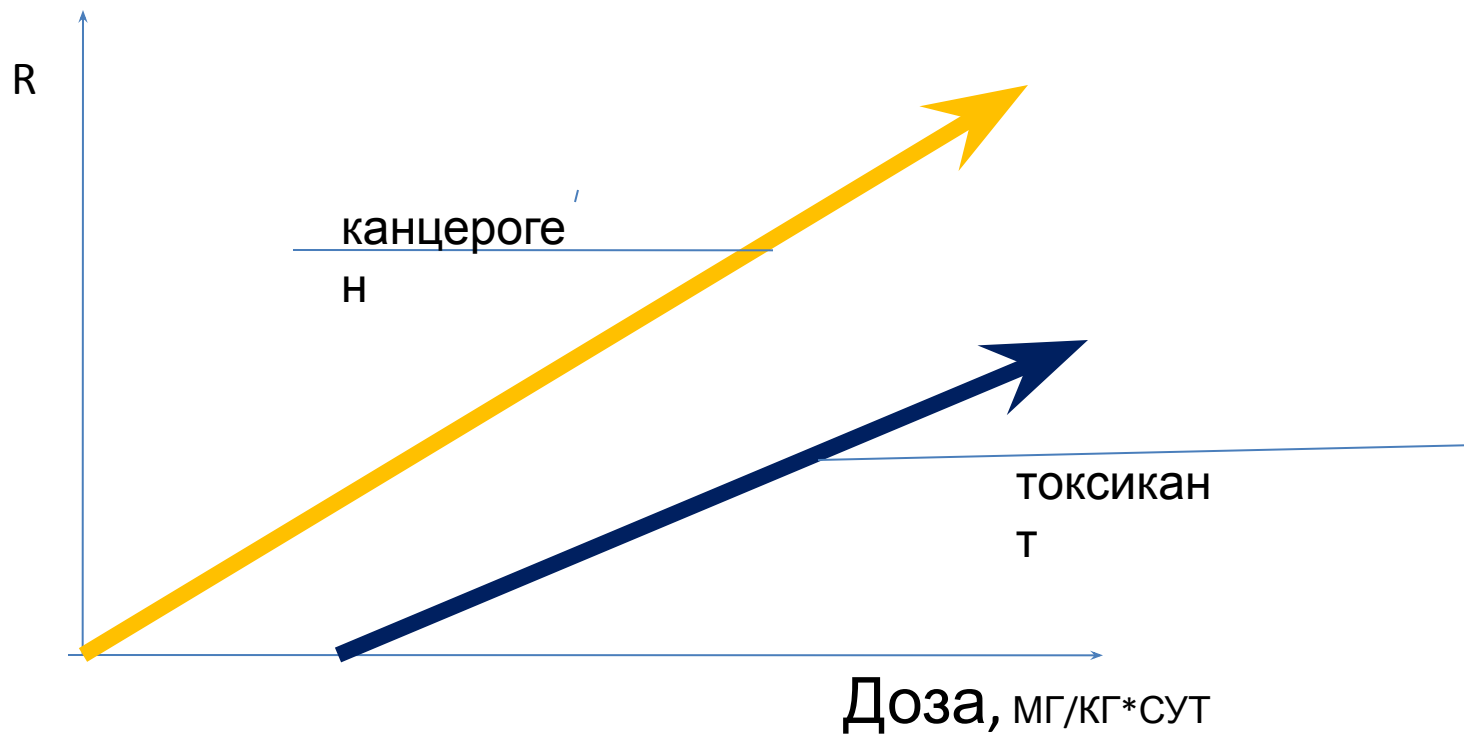
BW - средний вес тела во время экспозиции (70 лет)

AT - усредненное время воздействия (25550 сут)

K - переводной коэффициент 1000 мкг/мг

Исходя из значения CDI рассчитывается **СРЕДНЯЯ ДОЗА В ТЕЧЕНИИ ЖИЗНИ**  $D_{эфф}$

# Определение зависимости «доза-ответ»



**Характеристика риска-** описание типа и величины негативного эффекта от воздействия загрязнителя для отдельных лиц и групп населения

Включает:

1. Характеристику нежелательных эффектов
2. Оценку риска смерти от канцерогенов, токсикантов
3. Анализ неопределенностей, связанных с оценкой риска
4. Суммирование рисков по всем возможным путям поступления загрязнителя в организм

# Оценка воздействия -определение характера, количества, уровня , длительности и результата воздействия

## Процедуры:

1. Сбор и оценка информации об экологической ситуации (данные инвентаризации источников выбросов и сбросов , социально-экологического мониторинга)
2. Оценка качества данных и выявление неопределенностей
3. Установление соответствия нормативной базе
4. Вычисление среднесуточной дозы загрязнителя по всем путям поступления в организм
5. Выбор групп населения, подверженных риску

# Управление риском

## Пути уменьшения риска

Используя понятие «приемлемого» риска, можно установить финансовую меру обеспечения безопасности человеческой жизни, необходимость проведения мероприятий по безопасности, реализуя схему:

**Затраты на безопасность**



**Уменьшение риска**

Для уменьшения риска материальные средства можно расходовать по пяти направлениям:

1. Совершенствование систем.
2. Подготовка и обучение персонала.
3. Применение организационных мероприятий.
4. Применение технических средств защиты и СИЗ.
5. Экономические методы (страхование, компенсации и др.).

**АНВ**



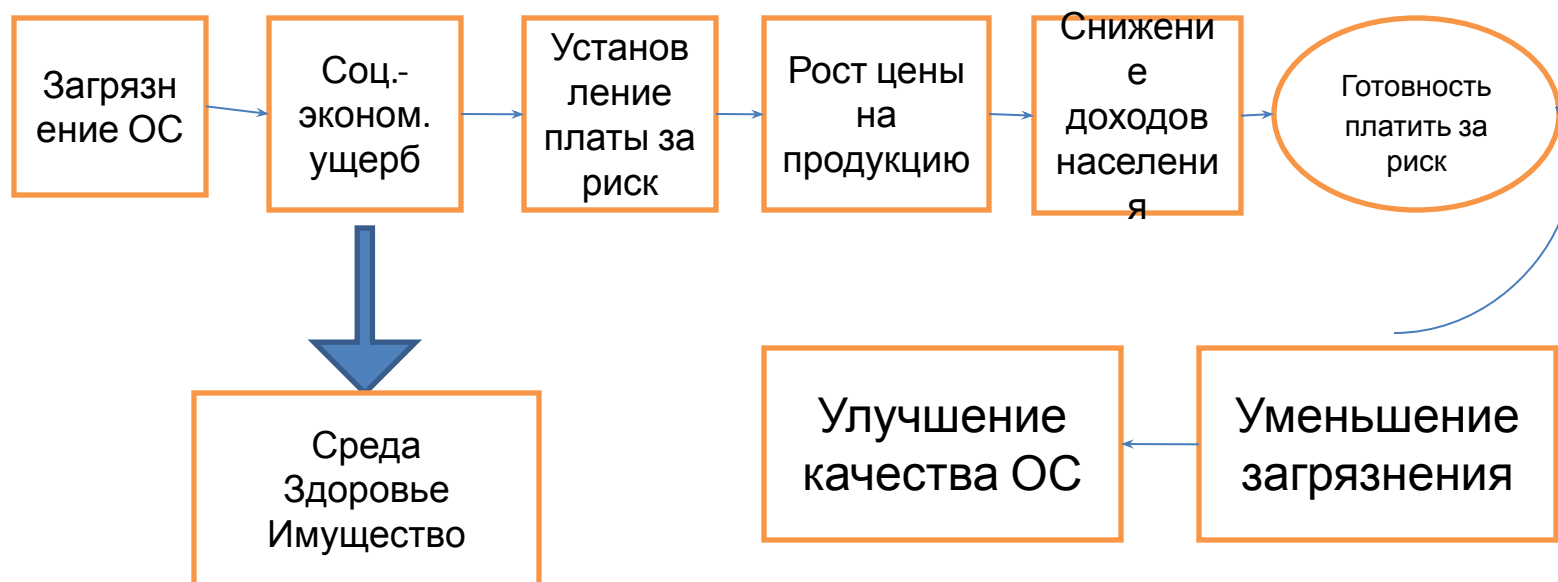
1.4 Системный анализ безопасности



# Управление риском- достижение максимального снижения риска при минимальных затратах

Методы:

- Нормативно-правовое регулирование
- Административные механизмы
- Экономические механизмы (проводят экономическую оценку ущерба от неблагоприятного воздействия на здоровье человека)



# Оптимизация риска и затрат на обеспечение безопасности

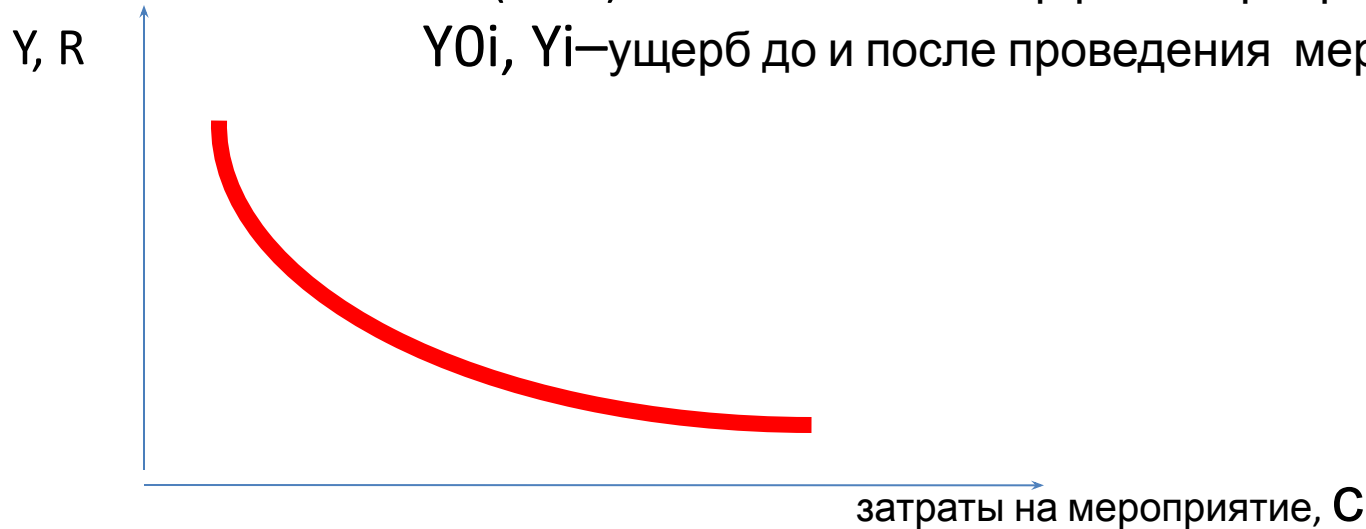
Имеем:

$C_i$ -затраты на  $i$ -тое мероприятие по защите

$V_i = (Y_{0i} - Y_i)$  –выгоды по мероприятию

$D_i = (V_i - C_i)$ - экономический эффект мероприятия

$Y_{0i}$ ,  $Y_i$ –ущерб до и после проведения мероприятия



1. Для каждого мероприятия (сценария) рассчитываем значения риска ( $R$ ) и ущерба ( $Y$ ) до и после его проведения
2. Для каждого мероприятия рассчитываем выгоду (предотвращенный ущерб):  
$$V_i = Y_{0i} - Y_i$$
3. Для каждого мероприятия рассчитываем экономический эффект  
$$D_i = (V_i - C_i)$$
4. Находим оптимальное соотношение  $D_i$  и  $R_i$  (когда  $D_i$  имеет максимальное значение !)

# Матрица решений

## (Алгоритм решения задачи выбора оптимального решения)

В формальной структуре принятия решения имеем набор *вариантов*  $E_i$  с *показателями оценки*  $e_i$ . Каждому варианту  $E_i$  соответствует *фактор* (набор)  $F_i$ , состоящий из показателей оценки  $e_i$ .

Пример-прайс-лист компьютерной техники.

Вариант( $E_i$ )	Фактор $F_i$ ,			
	Тактовая частота, МГц ( $F_1$ )	Объем оперативной памяти, Мб ( $F_2$ )	Объем памяти, Гб ( $F_3$ )	Цена, евро ( $F_4$ )
1	$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$	$e_{14}$
2	$e_{21}$	$e_{22}$	$e_{23}$	$e_{24}$

Для выбора одного оптимального варианта (с наилучшими показателями) необходимо определить критерии выбора (оценочную функцию), зависящую от позиции оператора

*1. Оптимистическая позиция:*

Целевая функция представляет собой максимальные значения показателей оценки:  $e_{ij} = \max e_{ij}$ , т.е. выбираем оптимальный вариант по максимальным значениям

*2. Пессимистическая позиция:*

Целевая функция представляет собой наихудшие значения показателей оценки -  $e_{ij} = \min e_{ij}$ , выбор наилучших показателей производится и составленных наихудших оценок

*3. Нейтральная позиция:*

Целевая функция представляет среднее значение показателей-  $e_{ij} = 1/n \sum e_{ij}$ , выбор варианта осуществляется по максимальному значению средних показателей

$MAX e_{ij} = \max (1/n \sum e_{ij})$ ,

## Матрица решений (продолжение)

### Прайс-лист компьютеров

Вариант	Тактовая частота, МГц	Объем оперативной памяти, Мб	Объем памяти жесткого диска, Гб	Цена, евро
1	75	8	0,54	698
2	75	8	1	767
3	100	8	0,54	763
4	100	8	1	824
5	133	16	0.85	867
6	133	16	1.3	946
7	166	16	1	1096
8	166	16	1.6	1124

## Матрица решений (продолжение)

2.Реальные показатели приведем к долевым, для чего примем наилучший показатель за единицу.  
Составим матрицу решений в формальном виде:

Вариант	F1	F2	F3	F4
E1	0,451	0,5	0.338	1.0
E2	0,451	0,5	0,602	0,91
E3	0,602	0,5	0.338	0.915
E4	0,602	0.5	0.602	0,847
E5	0.821	1,0	0.531	0,805
E6	0,801	1,0	0,813	0,738
E7	1,0	1,0	0,602	0.637
E8	1,0	1,0	1,0	0.621

## Матрица (продолжение)решений

3.Сведем наилучшие и наихудшие показатели , определенные по различным позициям.  
Составим матрицу оценочных функций:

Вариант	оптимистичная	пессимистичная	нейтральная
E <sub>1</sub>	1.0	0.338	0,572
E <sub>2</sub>	0.901	0.451	0.616
E <sub>3</sub>	0,915	0.338	0,589
E <sub>4</sub>	0.847	0,5	0.638
E <sub>5</sub>	1,0	0.531	0.784
E <sub>6</sub>	1.0	0.738	0.838
E <sub>7</sub>	1.0	0.602	0.81
E <sub>8</sub>	1,0	0.621	0.905

4.Результаты выбора:

Позиция	Лучший вариант	Худший вариант
оптимистическая	E <sub>1</sub> , E <sub>5</sub> , E <sub>6</sub> , E <sub>7</sub> , E <sub>8</sub>	E <sub>4</sub>
пессимистическая	E <sub>6</sub>	E <sub>1</sub> , E <sub>3</sub>
нейтральная	E <sub>8</sub>	E <sub>1</sub>

**5.Оптимальный вариант(наилучший по большинству позиций)- E6 и E8**

## Критерии (показатели ) безопасности)

1.Уровень фактора негативного воздействия  $Уф$  на систему не превышает его предельно допустимого  $[Уф]$ , установленного нормативом:

$$Уф \leq [Уф]$$

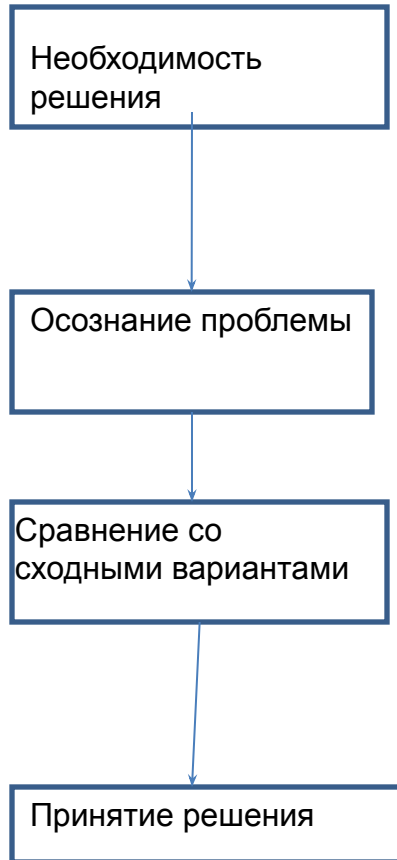
или

2.Уровень риска от негативного воздействия не превышает приемлемого :

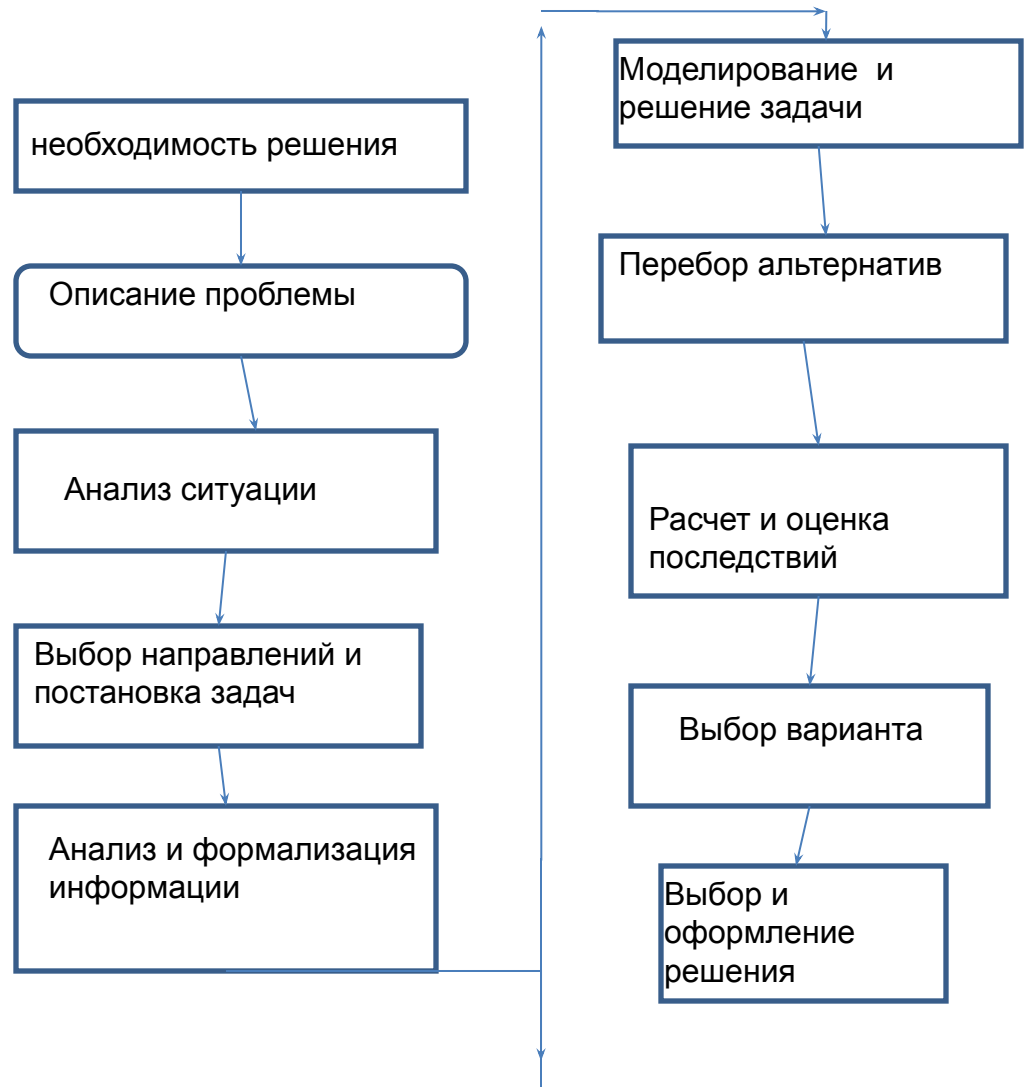
$$Rф \leq 10^{-6}$$

# Процессы принятия решений

## 1.Рутинный



## 2.Исследовательский





# Процесс принятия решений в области безопасности

Системный подход в управлении (алгоритм принятия и выполнения)

## Выявление и описание проблемы

Анализ ситуации (сбор, обработка и анализ информации: идентификация опасности, проверка соответствия нормативной базе, выявление причин и последствий, оценка рисков)

Изучение альтернативных путей, методов и средств решения проблемы, выбор приемлемых направлений

Постановка целей и задач по решению

Разработка программы (плана мероприятий), прогнозирование результатов

## Согласование и принятие решения

Организация исполнения решения: распределение функций и ответственности, контроль на всех стадиях, мотивация исполнителей

Корректировка программы и выполнение регулирующих воздействий

Подведение итогов, оценка эффективности



