
Основы анализа и оценки техногенного риска

Лекция № 8 (4Р)

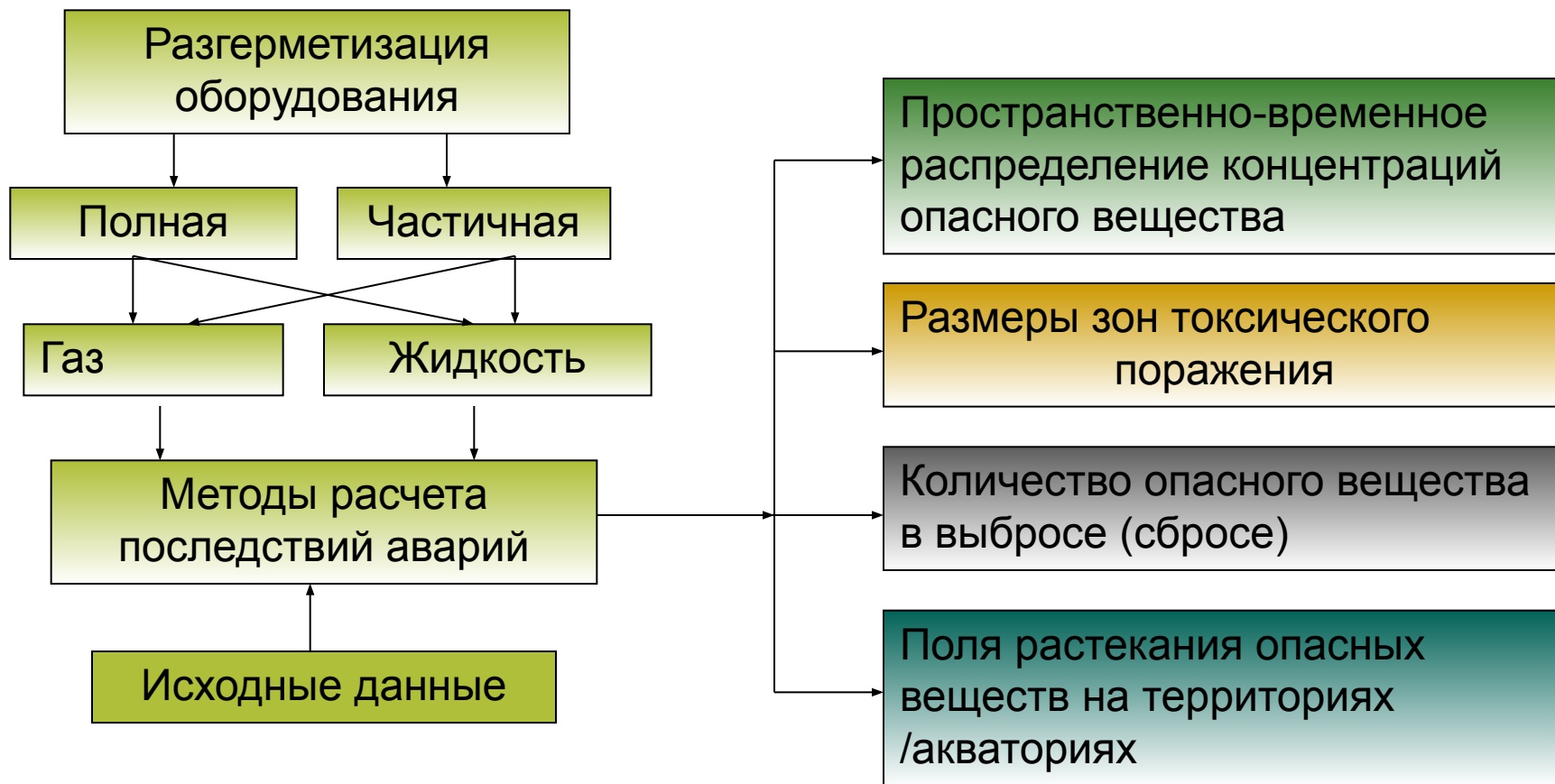
Лекция № 8 (4Р) МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА

Цель: Рассмотреть подходы к расчету последствий аварий

Учебные вопросы:

1. Методология прогнозирования последствий аварии
 2. Критерии поражения. Пробит – функция.
 3. Методы оценки ущерба.
-

1. Методология прогнозирования последствий аварии



2. Критерии поражения. Профит-функция

- В качестве зависимостей, отражающих связь между вероятностью поражения и поглощенной (воздействовавшей) дозой часто используются аналитические стохастические модели, получившие название **«пробит-функций»**.
- В практике использования вероятностных критериев воздействия поражающих факторов на людей, инженерно-технические сооружения и природные объекты используется пробит-функция, величина которой в общем виде представлена зависимостью:

$$Pr = a + b \cdot \ln D$$

где a , b – константы пробит-функции (коэффициенты, зависящие от вида воздействия, его свойств и реципиента); D – интенсивность исследуемого воздействующего фактора.

2. Критерии поражения

$$D = \left\{ \begin{array}{l} f(\Delta P_{\phi}, i) \\ q^n \cdot t \\ C^n \cdot t \\ D_{\text{эф}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{- при барическом воздействии} \\ \text{- при термическом воздействии} \\ \text{- при токсическом воздействии} \\ \text{- при радиационном воздействии} \end{array}$$

Где ΔP_{ϕ} – избыточное давление во фронте ударной волны, кПа;

i – импульс волны давления, кПа·с;

q – плотность теплового потока, кВт/м²;

n – показатель степени;

t – эффективное время экспозиции, с;

C – концентрация токсиканта, мг/л;

$D_{\text{эф}}$ – эффективная доза ионизирующего излучения;

Таблица 1 - Условная вероятность поражения человека в зависимости от величины P_r

Условная вероятность поражения, %	Величина P_r									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97"
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
—	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

2.1. Критерии термического поражения

- Если нам известны значения поражающих факторов, то для определения ущерба в случае аварии необходимо знать **критерии поражения**.
- Степень повреждения кожи при воздействии высоких температур зависит от ***интенсивного теплового излучения***. При слабом тепловом излучении будет повреждаться только внешний слой (эпидермис) на глубину 1 мм. Более интенсивный поток приводит к повреждению и нижнего слоя (дермы), а излучение еще большей интенсивности будет воздействовать и на подкожный слой. Эти уровни соответствуют ожогам 1, 2 и 3 степени.
- В общем случае между приводящим к поражению потоком тепловой энергии (q) и полной энергией (Q), падающей на единицу поверхности, существует зависимость (« $q—Q$ » кривая)

2.1. Критерии термического поражения

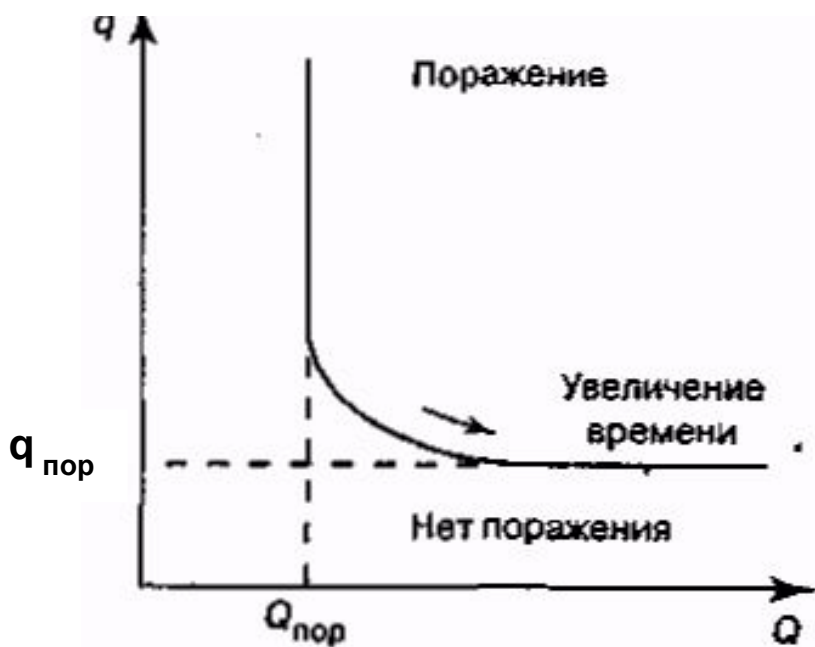


Рис. 11.1. Типовой вид «q-Q» кривой

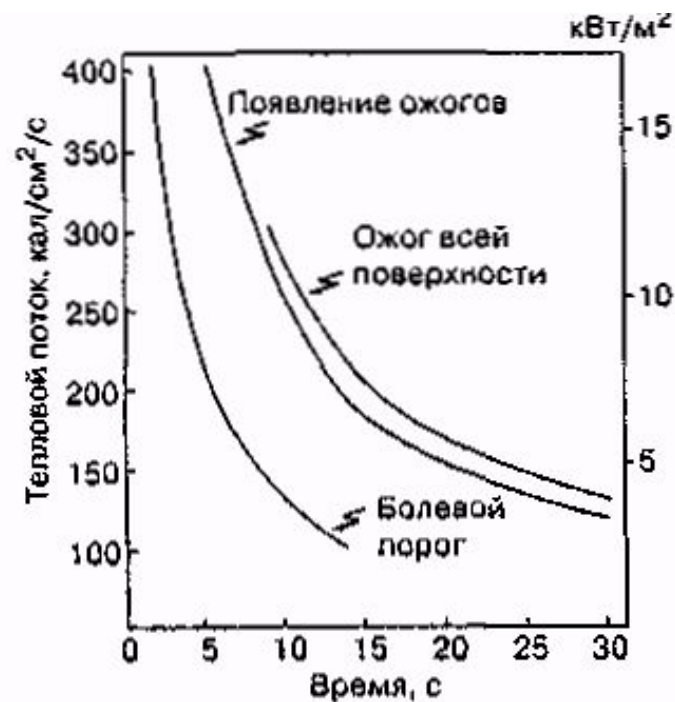


Рис. 11.2 Зависимость пороговых значений теплового потока от времени воздействия излучения

2.1. Критерии термического поражения

- В настоящее время для определения вероятности поражения используют функцию «пробит» Pr
- Функция Pr , определяющая условную вероятность поражения человека тепловым излучением, рассчитывается по формуле:

$$Pr = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{1,33})$$

где q — интенсивность теплового излучения кВт/м²,

t - эффективное время экспозиции, с.

- Для огненного шара t равно времени существования огненного шара.
- Для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов: $t = t_0 + \frac{x}{u}$
где t_0 — характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать $t_0 = 5$ с);
 x — расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт/м², м;
 u — скорость движения человека, м/с (допускается принимать $u = 5$ м/с).

Таблица 7.1 - Условная вероятность поражения человека в зависимости от величины P_r

Условная вероятность поражения, %	Величина P_r									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97"
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
—	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

2.2. Критерии импульсного поражения (взрыв)

- Граница импульсного поражения конкретного уровня определяется двумя параметрами: «силовым» — давлением (P) и «его интегралом по времени» — импульсом (i).
- Для оценки импульсного поражения используется диаграмма «давление - импульс» (« $P - i$ »).
- В общем случае, условно, вероятность поражения человека избыточным давлением при взрыве определяется с использованием функции «пробит»:

$$Pr = 5 - 0,26 \ln v$$

Где
$$v = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{790}{i} \right)^{9,3}$$

2.2. Критерии импульсного поражения (взрыв)

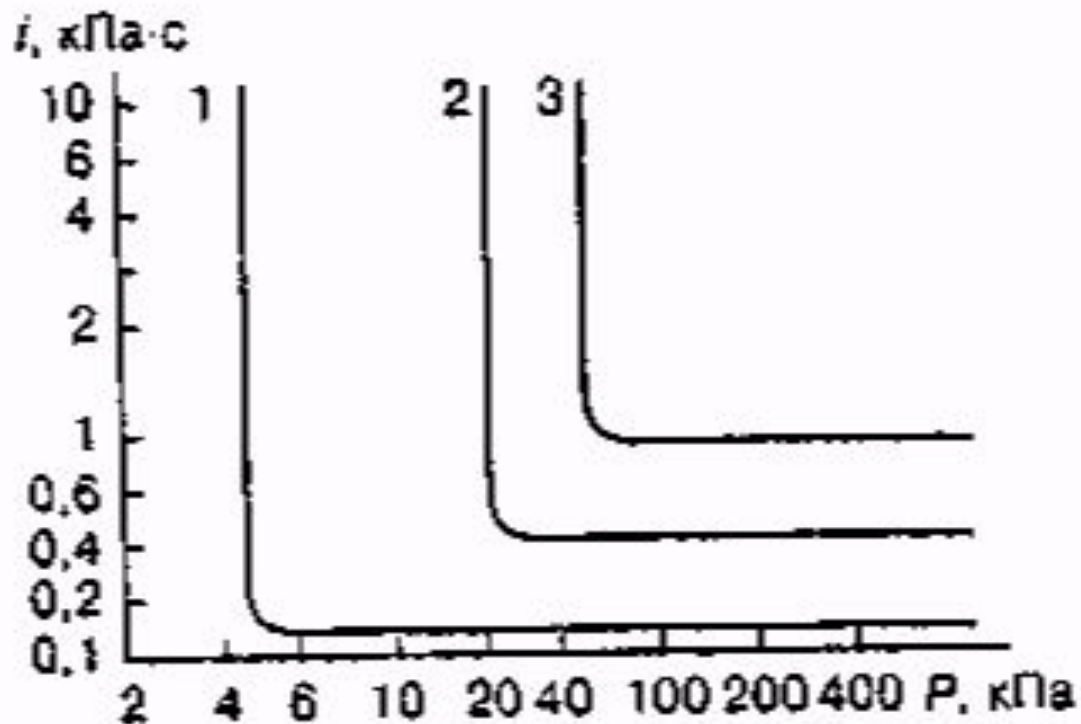


Рис. 7. 3. Диаграмма «давление - импульс» (« $P - i$ »):

1 - граница области минимальных разрушений;

2 - граница области значительных повреждений;

3 - граница области частичного разрушения: 50 - 75 % стен разрушено или находятся на грани разрушения

2.3. Критерии механического (осколочного) поражения

- При анализе возможности поражения персонала при аварийных взрывах обычно отдельно рассматривают **режущие осколки** способные пробивать кожный покров и проникать внутрь тела и **ударные осколки**, которые не пробивают кожный покров наносят удар по всему телу, так что основной фактор повреждения связан с механическим повреждением внутренних органов от соударения.
- Различие между режущими и ударными осколками связано с их скоростью полета и формой и определяется критерием V_{50} определяемым как

$$V_{50} = 1247 \cdot \left(\frac{A}{m}\right) + 22$$

где A — площадь миделевого сечения осколка в м²; m - масса осколка в кг.

2.3. Критерии механического (осколочного) поражения

- Пробит – функция для тяжелых поражений персонала режущими осколками массой m менее 0,1 кг определяется как:

$$P_{r6} = -29,15 + 2,1 \ln S_6, \quad \text{где} \quad S_6 = mV^{5,115}$$

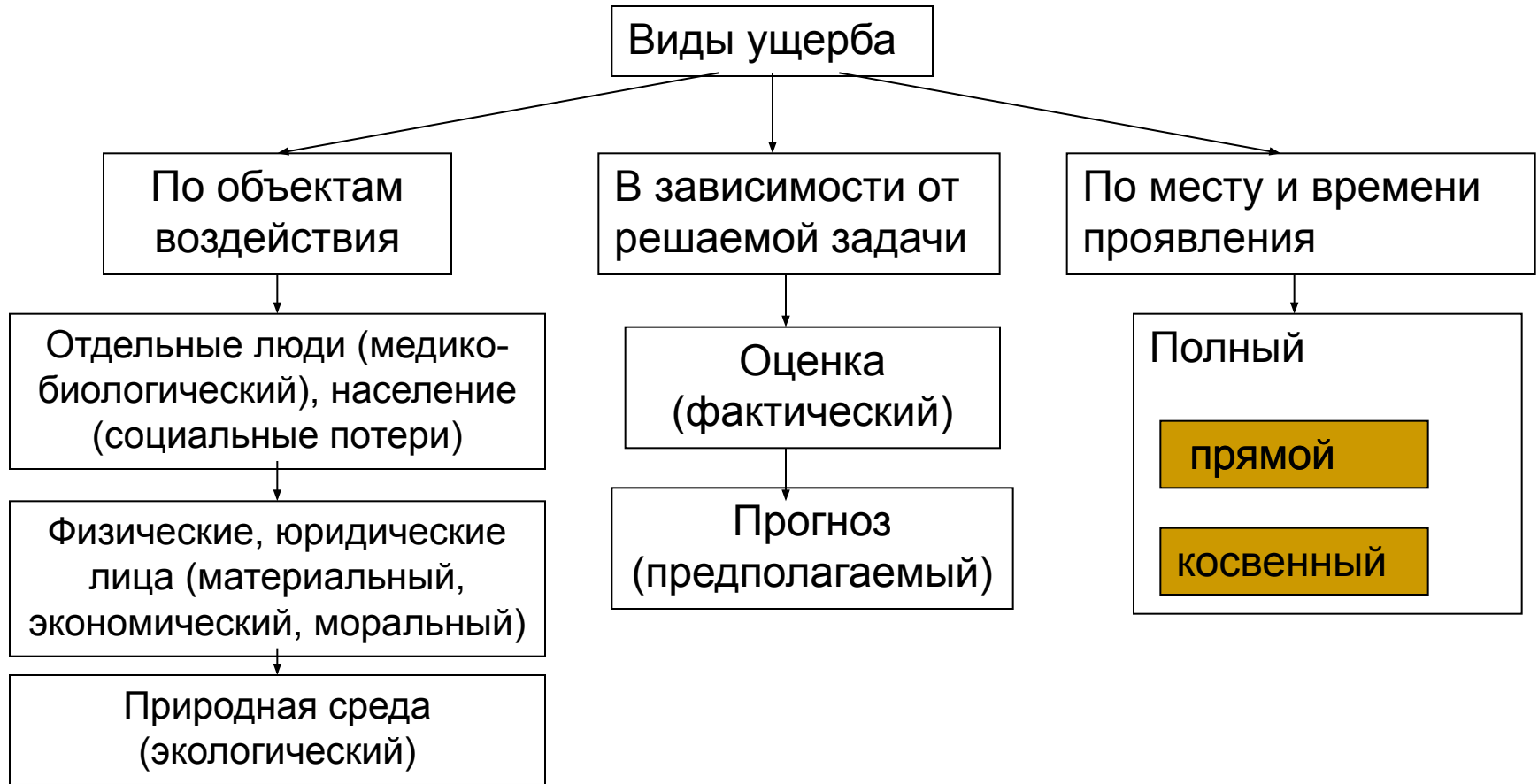
- Пробит – функция для тяжелых поражений персонала ударными осколками массой $0,1 \text{ кг} < m < 4,5 \text{ кг}$ определяется как:

- Для тяжелых осколков $m > 4,5 \text{ кг}$ вероятность тяжелого поражения определяется только скоростью:
$$P_{r7} = -29,15 + 2,1 \ln S_7, \quad \text{где} \quad S_7 = 0,5mV^2$$

$$P_{r8} = -13,19 + 10,54 \ln V.$$

3. Методы оценки ущерба

3.1. Виды и классификация ущерба



3.1. Виды и классификация ущерба

- **прямой ущерб** – это ущерб здоровью, имуществу, имущественным или жизненным интересам объектов, попавших в зону действия негативных факторов опасного события или происшествия;
- **косвенный ущерб** – это потери, убытки, упущенная выгода, которые понесут объекты, не попавшие в зону действия негативных факторов, а вызванные нарушениями и изменениями в структуре хозяйственных связей, инфраструктуре, дополнительные затраты на проведение мероприятий по ликвидации последствий аварии.
- **полный ущерб** является совокупностью прямого и косвенного ущерба, который определяется на некоторый момент времени:

$$U_{\text{полн}} = U_{\text{пр}} + U_{\text{к}},$$

3.2. Структура определения ущерба

- Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в общем виде формулой (с учетом РД 03-496-02):

$$U_{\text{полн}} = P_{\text{пп}} + Z_{\text{ла}} + P_{\text{сэ}} + U_{\text{к}} + U_{\text{экол}} + P_{\text{в тр}},$$

- где $P_{\text{пп}}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.; $Z_{\text{ла}}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.; $P_{\text{сэ}}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.; $U_{\text{к}}$ – косвенный ущерб, руб.; $U_{\text{экол}}$ – экологический ущерб, руб.; $P_{\text{в тр}}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.