



ГРУППА КОМПАНИЙ

ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (ЗАО НТЦ ПБ)

XXV НАУЧНЫЙ СЕМИНАР ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, 18 ноября 2013

# ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Докладчик: Савина Анна Вячеславовна  
АНО АИПР, с.н.с.  
тел. +7 (495) 620-47-50  
savina@safety.ru



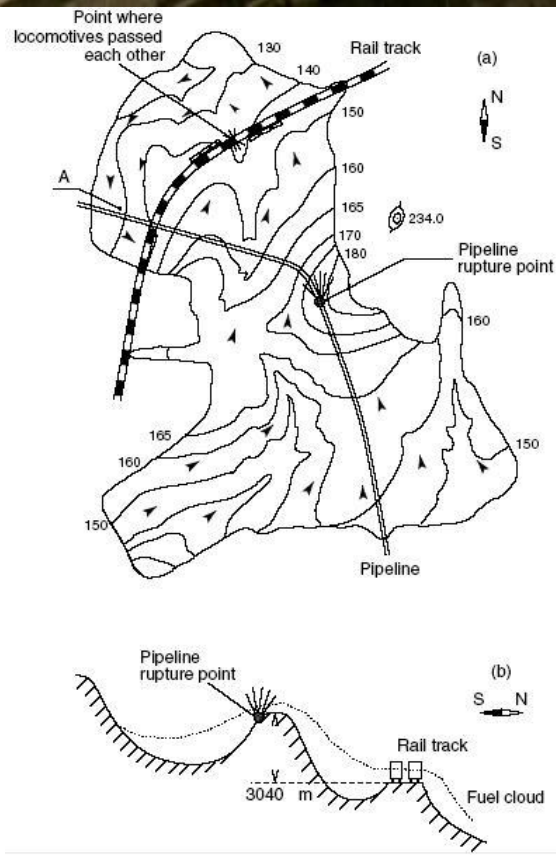
## Подходы к установлению безопасных расстояний

- 1. По максимальным зонам действия поражающих факторов известных аварий на МТ**
- 2. На основе расчетов максимальных размеров зон поражения (моделирование последствий аварий)**
- 3. На основе оценки риска гибели людей при авариях**



**СССР, Уфа, 4 июня 1989 г. Авария на трубопроводе ШФЛУ.**  
**В момент прохождения двух пассажирских поездов произошло воспламенение облака пропан/бутановой смеси.**

**При катастрофе погибли 575 человек, более 600 травмированы.**  
**Площадь покрытия облаком – 2,5 км<sup>2</sup>.**  
**Расстояние дрейфа – 900-1350 м.**



# РАССТОЯНИЯ ОТ МТ СУГ ДО НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТАБЛ. 20 СНИП 2.05.06-85 (ДО УФИМСКОЙ КАТАСТРОФЫ)

Объекты, здания и сооружения	Минимальное расстояние, м, до оси трубопроводов условным диаметром, мм			
	до 150 включ.	от 150 до 300 включ.	от 300 до 500 включ.	от 500 до 1000 включ.
<p>1. Города и другие населенные пункты, коллективные сады, дачные поселки, отдельные промышленные и с/х предприятия..., гаражи и открытые стоянки на 20 и более автомобилей;</p> <p>отдельно стоящие здания с массовым скоплением людей, жилые здания 3-этажные и выше;</p> <p>железнодорожные станции, аэропорты, морские и речные порты;</p> <p>мосты железных дорог общей сети, автомобильных дорог общего пользования I и II категорий...</p>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<p>2. Отдельно стоящие жилые дома 1-2 этажные, кладбища, жилые садовые домики, дома линейных обходчиков, с/х фермы, полевые станы, водоемы</p> <p>железные дороги общей сети и автомобильные дороги общего пользования I- III категории</p> <p>мосты железных дорог промышленных предприятий и проч.</p>	<b>100</b>	<b>175</b>	<b>350</b>	<b>800</b>
<p>3. Железные дороги промышленных предприятий, автомобильные дороги IV- V категории</p>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>150</b>	<b>350</b>

# РАССТОЯНИЯ ОТ МТ СУГ ДО НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТАБЛ. 20\* СНИП 2.05.06-85\* (ПОСЛЕ УФИМСКОЙ КАТАСТРОФЫ)

Объекты, здания и сооружения	Минимальное расстояние, м, до оси трубопроводов условным диаметром, мм			
	до 150 включ.	от 150 до 300 включ.	от 300 до 400 включ.	свыше 400
1. Города и поселения городского типа	<b>2000</b>	<b>3000</b>	<b>5000</b>	-
2. Сельские поселения, коллективные сады, дачные поселки, отдельные промышленные и с/х предприятия..., гаражи и открытые стоянки на 20 и более автомобилей; отдельно стоящие здания с массовым скоплением людей, жилые здания 2-этажные и выше; железнодорожные станции, аэропорты, морские и речные порты; железные дороги общей сети и автомобильные дороги общего пользования I категории; мосты железных дорог общей сети, автомобильных дорог общего пользования I и II категорий...	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>	-
3. Отдельно стоящие жилые дома до 2х этажей, кладбища, с/х фермы, полевые станы, реки с шириной более 25 м, судоходные реки, автомобильные дороги общего пользования II, III категорий, мосты железных дорог промышленных предприятий и проч.	<b>300</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	-



**2013 ГОД: 24 ГОДА ПОСЛЕ УФИМСКОЙ ТРАГЕДИИ**

**СХЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА (В ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА)** Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 августа 2013 г. N 1416-р

Рекомендуемые минимальные расстояния от магистральных трубопроводов, предназначенных для транспортировки сжиженных углеводородных газов, до городов, населенных пунктов, дачных поселков и сельскохозяйственных угодий (санитарные полосы отчуждения) устанавливаются:

**при диаметре до 150 мм - от 100 до 150 метров;**  
**при диаметре 150 - 300 мм - от 175 до 250 метров;**  
**при диаметре 300 - 500 мм - от 350 до 500 метров;**  
**при диаметре 500 - 1000 мм - от 800 до 1000 метров.**



## Подходы к установлению безопасных расстояний

1. По максимальным зонам действия поражающих факторов при известных авариях на МТ
2. На основе расчетов максимальных размеров зон поражения (моделирование последствий аварий)
3. На основе оценки риска гибели людей при авариях



## Результаты расчетов максимальных размеров зон поражения

Последствия аварии	Поражающий фактор	Максимальная зона действия поражающего фактора, м
<b>МТ ШФЛУ DN 700 P=6 МПа</b>		
пожар пролива	термическое воздействие	300
<i>воспламенение облака ТВС</i>	<i>термическое воздействие</i>	<b>2400</b>
взрыв облака ТВС	барическое воздействие	1700
горение струи	термическое воздействие	500

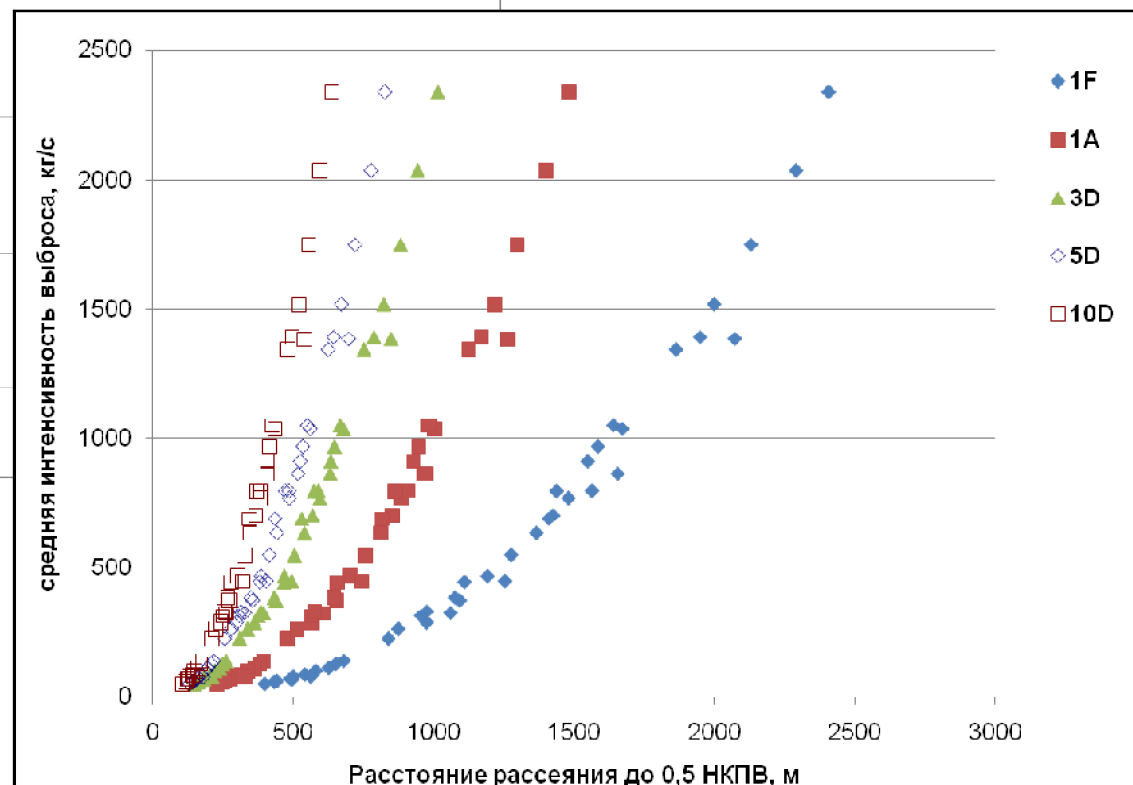
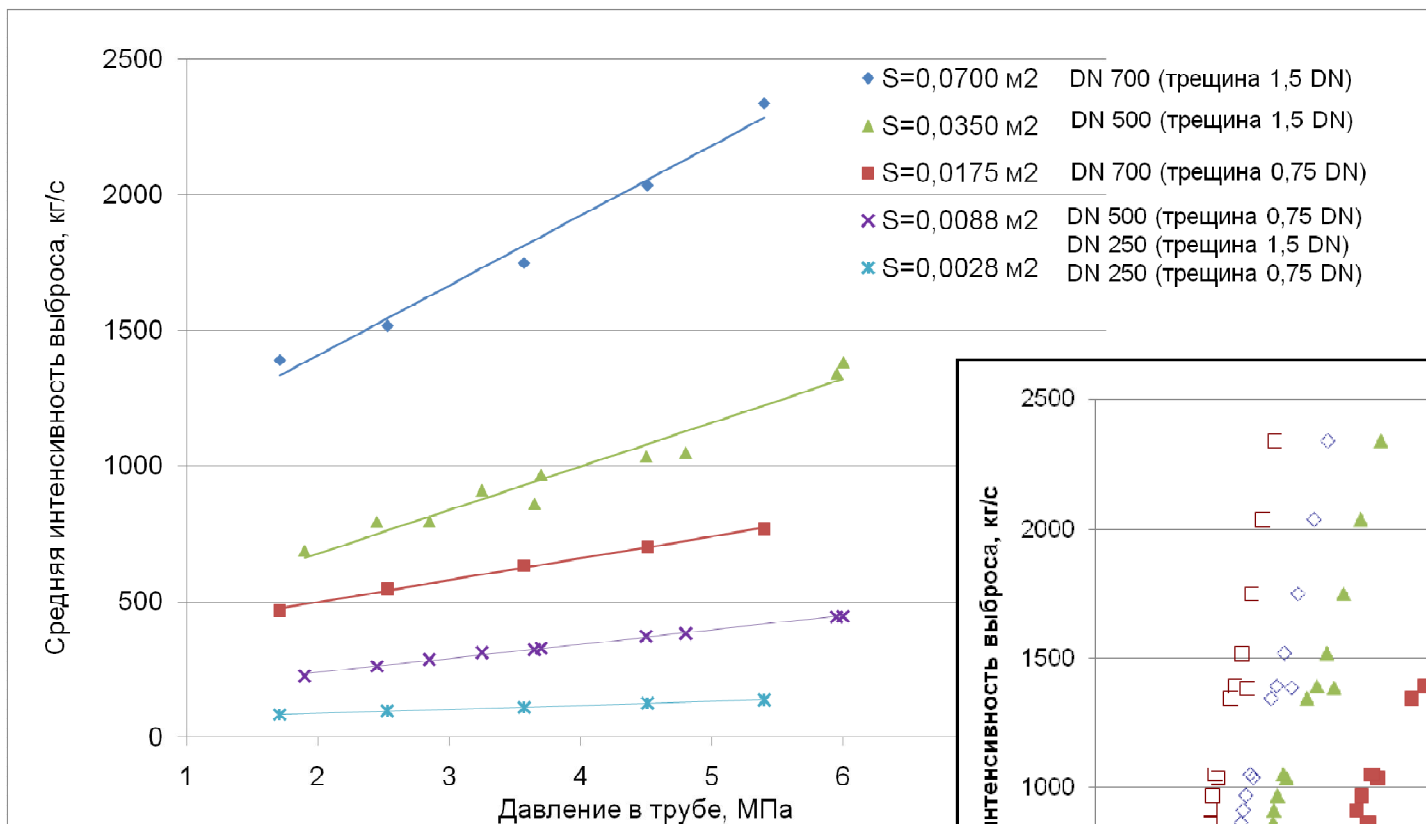
Условия рассеяния	Условная вероятность реализации метеоусловий для данной местности	Расстояние дрейфа, на котором достигается концентрация 0,5 НКПВ, м
1F	0,05	2400
1 A	0,05	1500
3 D	0,4	1050
5 D	0,4	850
10 D	0,1	650

Зависимость расстояния дрейфа облака от метеорологических факторов в момент аварии



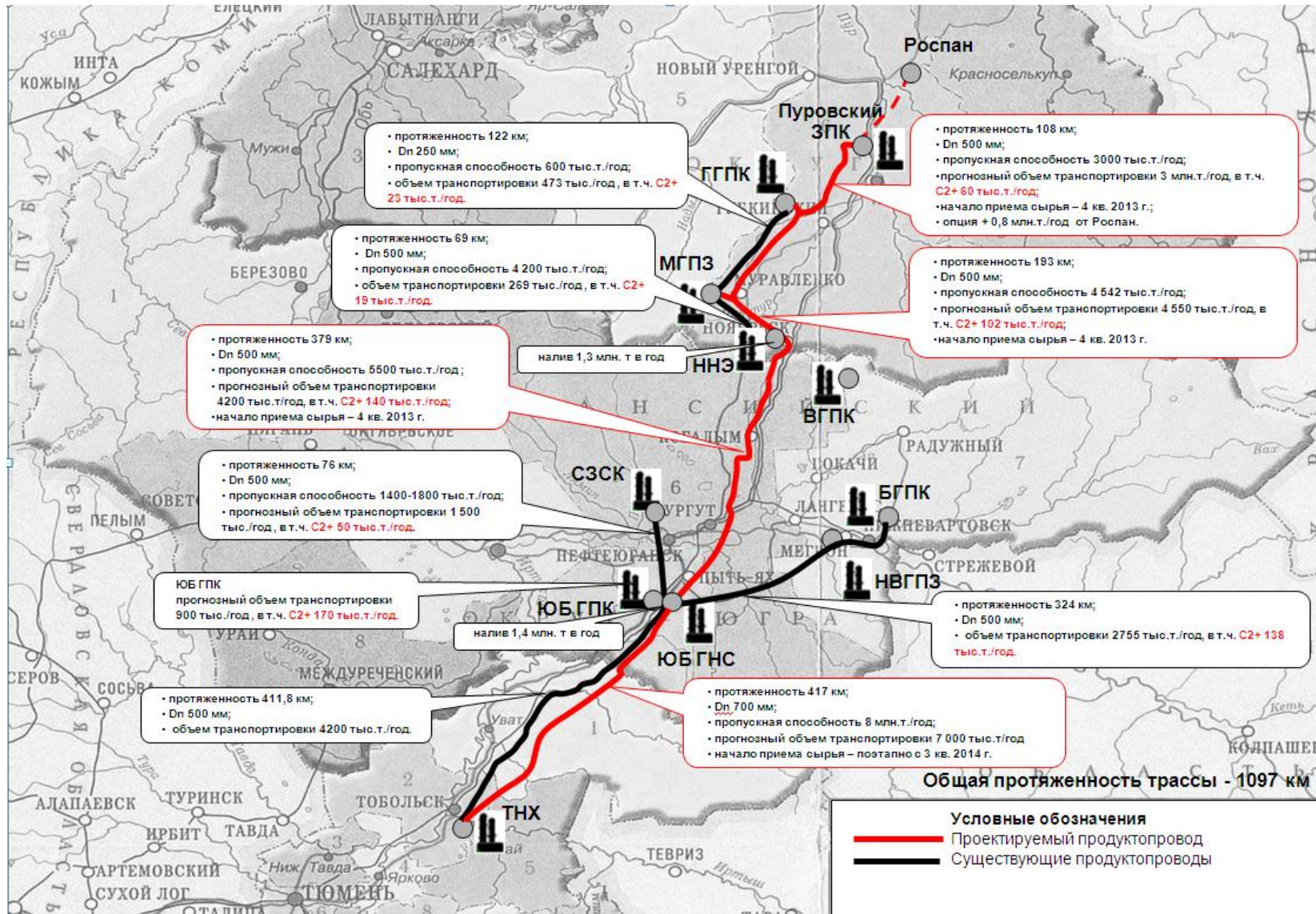


# Факторы, влияющие на размеры зон поражения и безопасные расстояния от МТ СУГ





# Конфигурация продуктопроводов ШФЛУ





## Обобщенная таблица по рассчитанным безусловно безопасным расстояниям для типовых МТ ШФЛУ

Параметры трубопровода	Безопасные расстояния, м: Рассеяние облака до 0,5 НКПВ (в скобках – при исключении крупных трещин)
DN 250, P=1,5-4 МПа	800-1000 (500-700)
DN 500, P=2-6 МПа	1500-2000 (800-1200)
DN 700, P=2-6 МПа	2000-2500 (1200-1500)



## Подходы к установлению безопасных расстояний

- 1. По максимальным зонам действия поражающих факторов при известных авариях на МТ**
- 2. На основе расчетов максимальных размеров зон поражения (моделирование последствий аварий)**
- 3. На основе оценки риска гибели людей при авариях**



## Особенности применения КОР для оценки безопасных расстояний

**Применение КОР для оценки безопасных расстояний позволяют учесть:**

- метеорологические и климатические особенности окружающей местности;
- компенсирующие мероприятия



## Подход к оценке частоты аварийных утечек на проектируемых/ реконструируемых участках МТ

$$\lambda_n = \bar{\lambda} \cdot k_p \cdot k_k$$

$\bar{\lambda}$  – средняя интенсивность аварий за последние 5 лет для действующих российских МТ;

$k_p$  – коэффициент расположения, учитывающий отличия в антропогенных и природных условиях прокладки участка МТ;

$k_k$  – коэффициент, учитывающий технические решения по повышению надежности МТ и компенсирующие мероприятия.



## Подход к оценке частоты аварийных утечек на проектируемых/ реконструируемых участках МТ (2). Расположение

$$\lambda_n = \bar{\lambda} \cdot k_p \cdot k_k$$

$k_p$  – коэффициент расположения, учитывающий отличия в антропогенных и природных условиях прокладки участка МТ

$$k_p = B_n / B_{cp}$$

$B_n$  – балльная оценка n-ого участка трассы МТ ШФЛУ, рассчитанная для различных типовых участков по Методике балльной оценки Методического руководства по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах, 2011.

$B_{cp}$  – средняя балльная оценка трассы



## Подход к оценке частоты аварийных утечек на проектируемых/ реконструируемых участках МТ (3). Расположение

№ п/п	Характеристика типового участка МТ	$B_n$
1	«Средний» участок трассы МТ	2
2	Участки трассы, удаленные от населенных пунктов и транспортных коммуникаций, проходящие по лесистой или степной зоне без болот и речных переходов	1,5
3	Места расположения запорной и вспомогательной арматуры и ответвлений (лупингов) Участки трассы, примыкающие к НПС, которые являются «источниками» или «приемниками» циклических нагрузок на МН, связанных с изменениями режима перекачки и возникновением при этом гидравлических волн	2
4	Участки трассы, проходящие через зоны с повышенной плотностью населения	3
5	Воздушные переходы через овраги, реки Подземные переходы через наземные транспортные коммуникации	4
6	Переходы через водные преграды и обводненные участки трассы	4-6
7	Участки трассы, пересекающие зоны с повышенной опасностью природных воздействий (геологические разломы, оползни, горные условия)	5





## Подход к оценке частоты аварийных утечек на проектируемых/реконструируемых участках МТ (4). Компенсирующие мероприятия

$k_k$  – коэффициент, учитывающий технические решения по повышению надежности МТ и компенсирующие мероприятия.

$$k_k = 1 - \sum_{i=1}^l p_i \cdot (1 - \prod_k (1 - m_{ki}))$$

$p_i$  – весовой коэффициент, показывающий степень влияния группы мер.

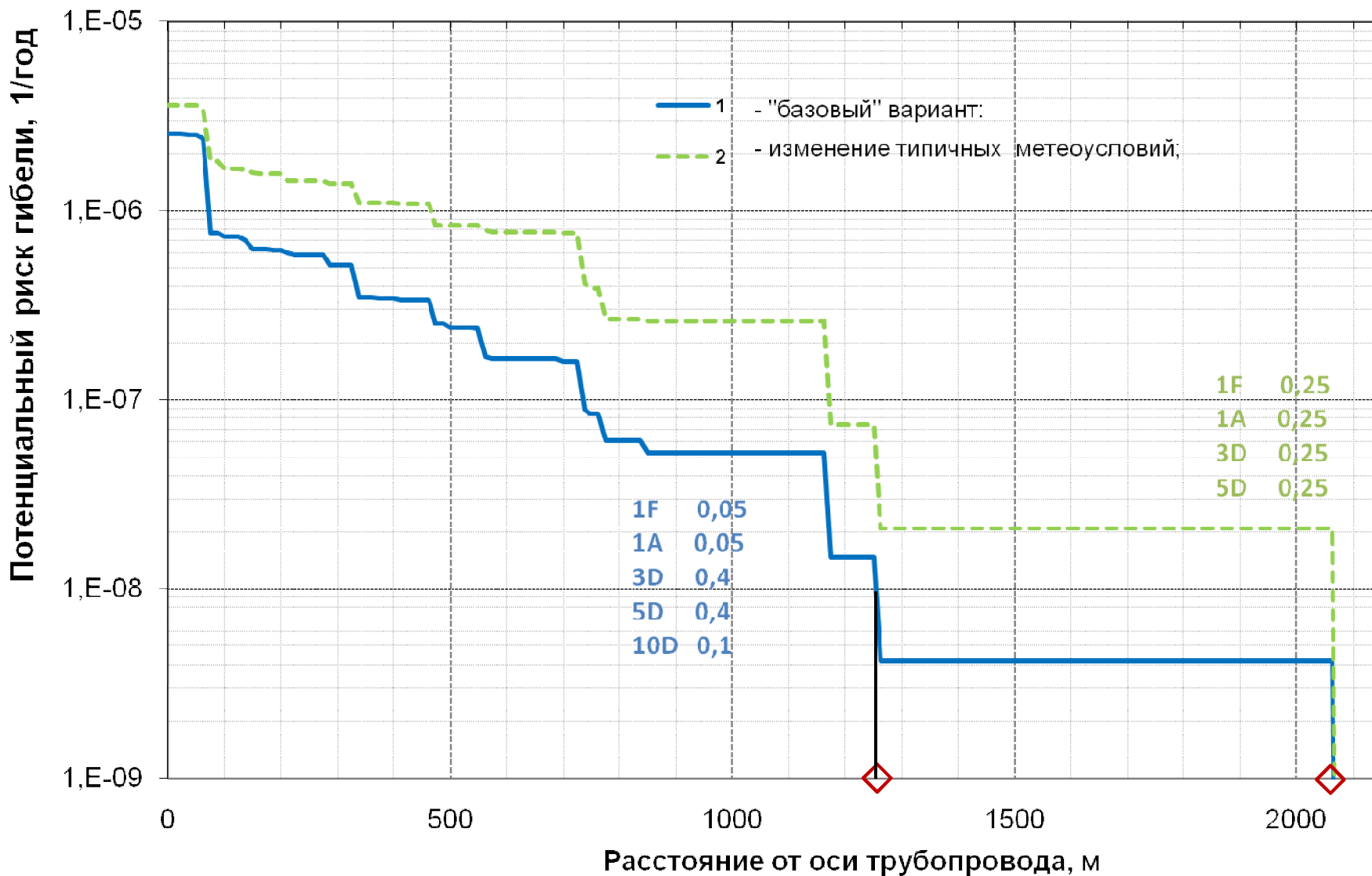
Устанавливается на основе долевого распределения причин произошедших аварий;

$m_{ki}$  – коэффициент, показывающей снижение аварийности по соответствующей причине при применении каждого технического решения.

№ к	Технические решения	Коэффициент снижения аварийности по i-ой причине, m			
		P1	P2	P3	P4
1.	Увеличение толщины стенки трубы Отношение принятого в проекте значения толщины стенки на данном участке $\delta_{факт}$ к расчетному значению $\delta_{расч}$ (п. 8.15* СНиП 2.05.06-85*): $\delta_{факт}/\delta_{расч} < 1,25$	0	-	0	1
	$1,25 \leq \delta_{факт}/\delta_{расч} \leq 1,8$	0,5	-	0,7	1
	$\delta_{факт}/\delta_{расч} > 1,8$	0,9	-	1	1
2.	Увеличение глубины заложения продуктопровода до 2 м (для нормальных грунтов)	0,9	-	-	-
	Установка опознавательных знаков с интервалом не более 100 м и укладка в траншею сигнальной ленты	0,4	-	-	-
	Устройство защитного футляра, кожуха	0,7	-	-	-
	Прокладка с использованием технологии наклонно-направленного бурения	0,8	-	-	-
	Прокладка с использованием технологии микротоннелирования	1	-	-	-
3.	Применение усиленного защитного покрытия труб и соединительных деталей	-	-	-	0,8
	100 % резервирование электрохимической защиты	-	-	-	0,5
4.	Проведение первичной ВТД и устранение выявленных дефектов до ввода продуктопровода в эксплуатацию	-	0,8	-	-
5.	Повышение требований к частоте проведения последующей диагностики	-	-	0,5	1
6.	Повышение требований к испытаниям на прочность и герметичность	-	0,4	-	-
7.	Контроль 100% качества сварных монтажных соединений труб не менее чем двумя методами неразрушающего контроля	-	0,4	-	-

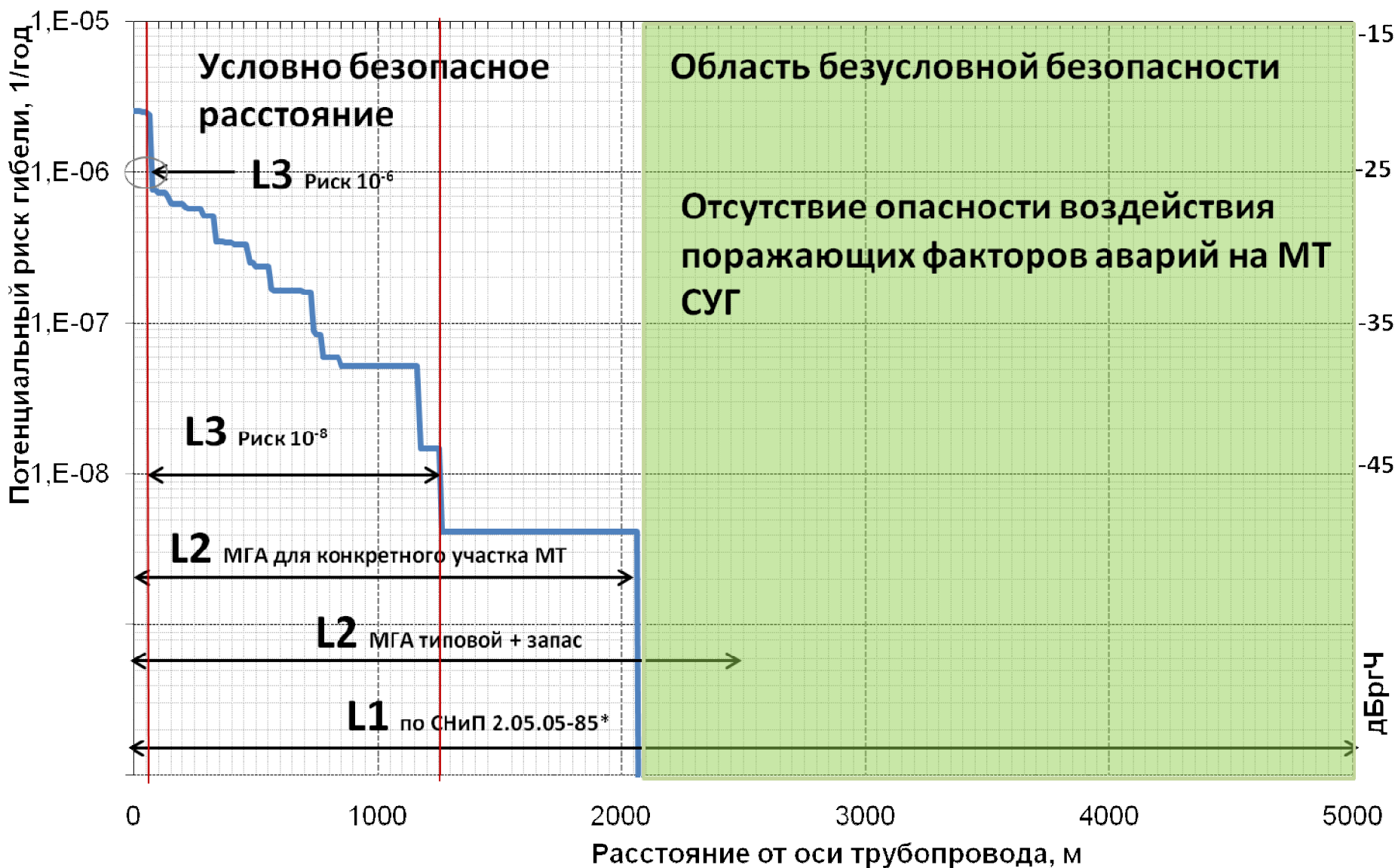


## Факторы, влияющие на распределение потенциального риска (проекция: поперечное сечение МТ)



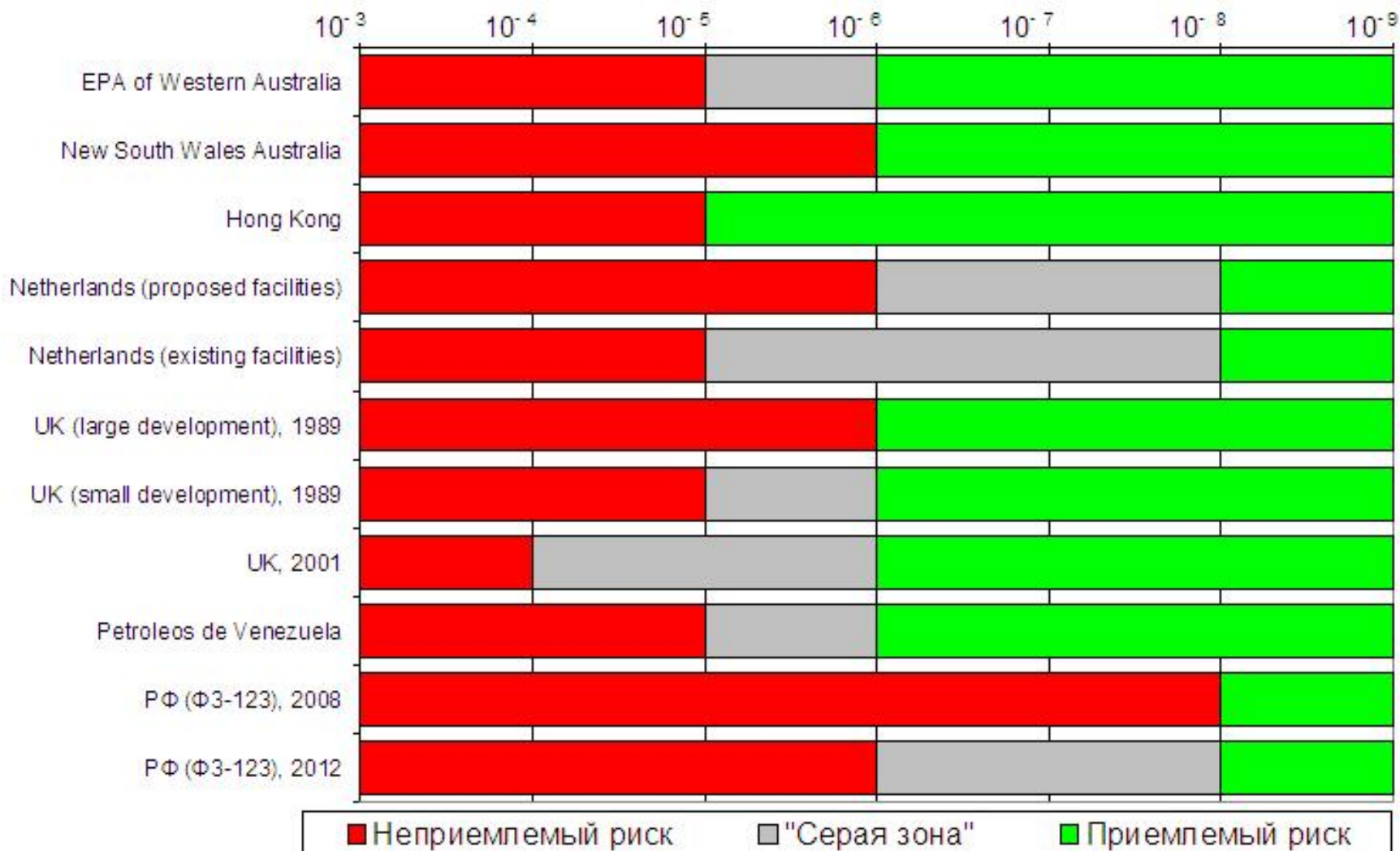


# Схематическое отображение подходов к определению безопасных расстояний





# Законодательно установленные критерии приемлемости риска гибели людей





## Восприятие показателей риска. Критерии приемлемости

Децибел риска гибели человека (дБргЧ)

$$R_{dB} = 10 \lg \frac{R}{R_0}$$

служит для определения отношения двух величин: измеряемой величины риска ( $R$ ) и фонового уровня риска ( $R_0$ ).

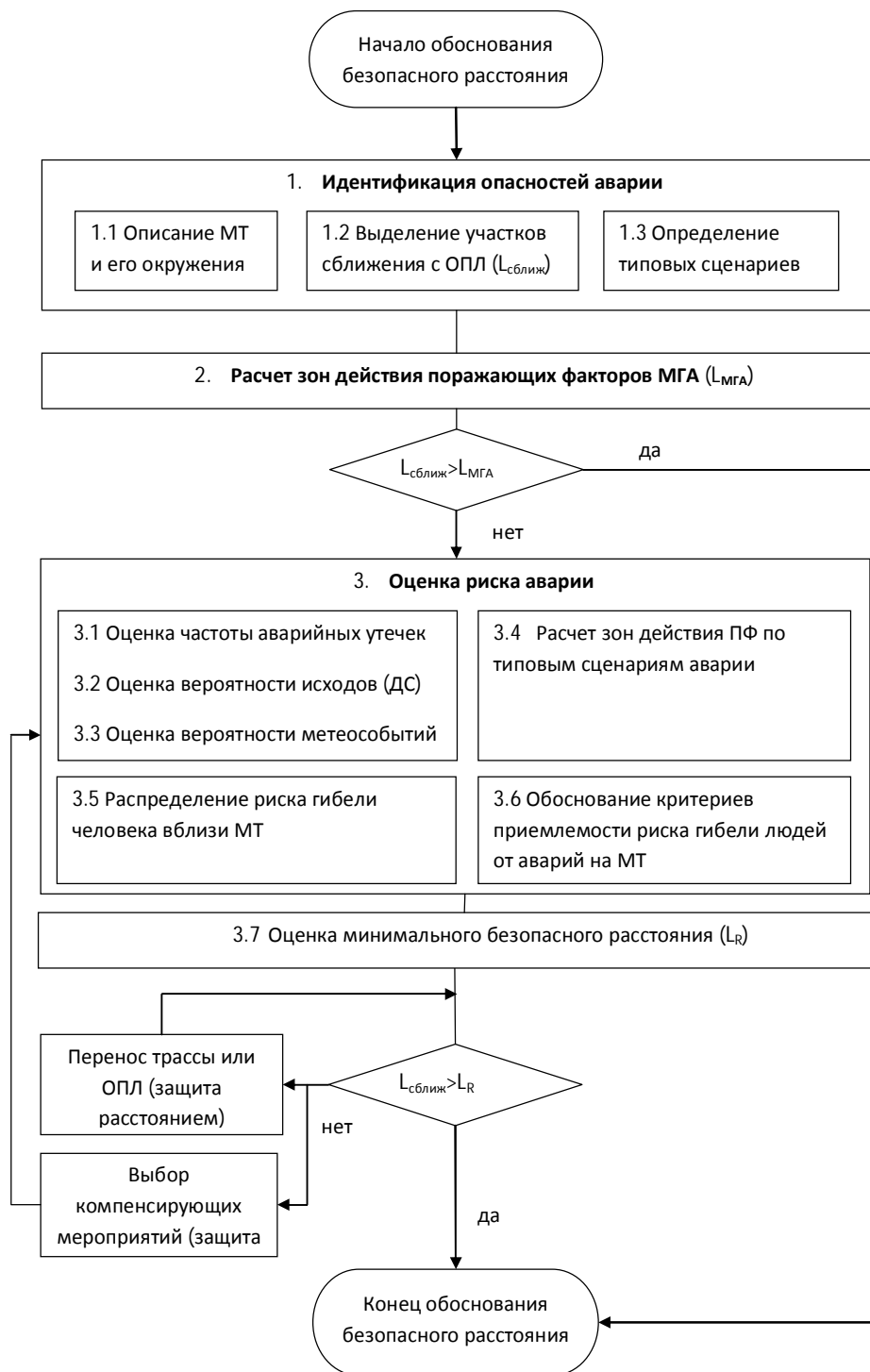
В качестве опорного/фоновое уровня ( $R_0$ ) целесообразно принять риск гибели людей в пожарах и ДТП в России за последние 5 лет (как наиболее знакомых для большинства техногенных опасностей).

$$R_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$$



## Установление критериев приемлемости для объектов с присутствием людей

Индекс уязвимости	Классификация территории, объектов с присутствием людей	Риск гибели человека, дБргЧ	Во сколько раз отличается по сравнению с фоновым техногенным риском
0	Зона с временным нахождением персонала эксплуатирующей организации	0	фоновый риск
1	Зона с постоянным (в течение рабочей смены) нахождением персонала эксплуатирующей организации	-10	меньше в 10 раз
2	Соседние промышленные объекты, сельскохозяйственные объекты	-20	меньше в 100 раз
3	Транспортные коммуникации, отдельно стоящие жилые дома, дачные участки	-30	меньше в 1 тыс. раз
4	Населенные пункты, объекты социальной инфраструктуры, рекреационные зоны	-40	меньше в 10 тыс. раз



Начало обоснования  
безопасного расстояния

**1. Идентификация опасностей аварии**

1.1 Описание МТ  
и его окружения

1.2 Выделение участков  
сближения с ОПЛ ( $L_{\text{сближ}}$ )

1.3 Определение  
типовых сценариев

**2. Расчет зон действия поражающих факторов МГА ( $L_{\text{МГА}}$ )**

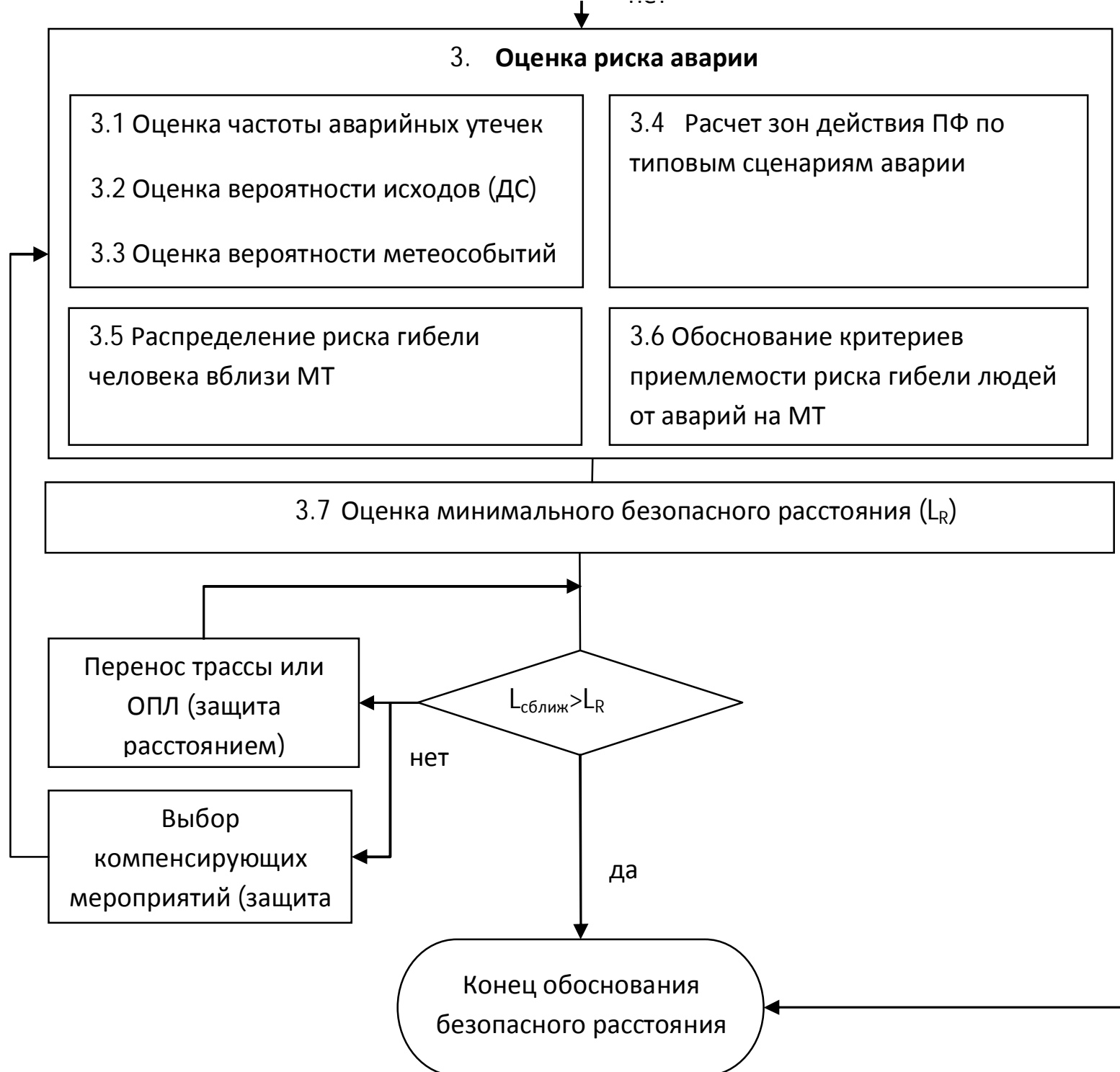
$L_{\text{сближ}} > L_{\text{МГА}}$

да

нет

**3. Оценка риска аварии**







ГРУППА КОМПАНИЙ

ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (ЗАО НТЦ ПБ)

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

[www.safety.ru](http://www.safety.ru)

[www.riskprom.ru](http://www.riskprom.ru)

тел. +7 (495) 620-47-50