



# Проблемы совершенствования нормативных методических документов по оценке риска

семинар ГК ПК 22.11.2010

**Лисанов Михаил Вячеславович,**

Д.Т.Н.

директор Центра анализа риска  
ЗАО НТЦ ПБ

группы компаний «Промышленная безопасность»

Tel/fax (495) 620-47-50

e-mail: [risk@safety.ru](mailto:risk@safety.ru)

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





**Специалистами ГК «Промышленная безопасность»  
(бывш. ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» Ростехнадзора)  
разработаны все нормативные правовые документы,  
регламентирующие декларирование промышленной  
безопасности, в том числе:**

- РД-03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в неё сведений»;
  - ПБ 03-314-99 «Правила экспертизы декларации промышленной безопасности»;
- а также большинство методических документов по анализу риска:**
- РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30);
  - Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах (утверждено ОАО «АК «Транснефть» 30.12.99);
  - Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром» (СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003, участие в разработке);
  - РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. Госгортехнадзором России 26.06.01);
  - Методика оценки последствий химических аварий (ТОКСИ-2, согласована Госгортехнадзором России);
  - РД-03-26-2007. «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ». (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.12.2007 г. № 859);
  - РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утв. Госгортехнадзором России 25.07.00) и др.

**Разработка программного комплекса «ТОКСИ+», «ТОКСИ +risk»**

**Практика: более 200 работ по анализу риска аварий на ОПО с 1994 г.**

# Темы сообщения

- **Состояние российской нормативной методической базы по анализу риска на опасных производственных объектах,**
- **сравнение с зарубежными подходами к анализу риска;**
- **Основные проблемы применения методологии анализа риска к оценке последствий аварий;**
- **Примеры из практики ЗАО НТЦ ПБ;**
- **Предложения по совершенствованию нормативной методической базы по анализу риска.**

## Примеры крупных промышленных аварий (СССР, Россия, Англия)



СССР, Уфа, 4.06.1989.  
Авария на трубопроводе  
ШФЛУ. Погибло или тяжело  
пострадало 1224  
пассажира 2-х поездов.  
Площадь, покрытая  
облаком – 2.5 км<sup>2</sup>.



Россия, ООО  
«Оренбурггазпром», 21.08.2004.  
Авария с эффектом «домино»  
на гелиевом заводе (СУГ). 1 чел.  
погиб (пожарный),  
8 травмировано.



Англия, Лондон, 11.12.2005.  
Самый большой со времён  
второй мировой войны  
промышленный пожар на  
нефтехранилище Bansfield. В  
общей сложности огнем были  
охвачены 20 резервуаров с  
топливом. Пострадало 43  
человека.





В Мексиканском заливе 20.04.2010 года на полупогружной нефтяной платформе Deerwater Horizon (BP), произошел выброс метана и взрыв, вызвавший сильный 36-часовой пожар и потерю платформы.

Из 126 чел. – 7 ранены, 11 чел - погибло.

В сутки в море выбрасывалось ~ 0,7-13,5 тыс. т нефти. Ущерб – более 5 млрд. \$.



**Пожар, взрыв при аварии на резервуарном парке ЛПДС «Конда»  
ОАО «Сибнефтепровод» АК «Транснефть» 22.08.09**

Удар молнии в резервуар РВС-20000 № 7 → возгорание нефти → взрыв РВС-  
20000 № 8 → выброс горячей нефти → воспламенение РВС-20000 № 5 →  
выброс горячей нефти → воспламенение РВС-20000 №4 , НПС-2 ....



## Последствия аварии на резервуарном парке ЛПДС «Конда» ОАО «Сибнефтепровод» АК «Транснефть» 22.08.09

Погибло 4 пожарных, разрушено 3 резервуара, ущерб предприятию - 146,2 млн. руб.

Расчет зон разрушений по РД 03-409-01:  $P=70$  кПа – 53 м,  $P=3,6$  кПа – 536 м.



# Организационное и методическое обеспечение анализа риска





# Нормативные правовые требования о проведении анализа опасностей и риска

1. **Федеральный закон «О техническом регулировании» (№184-ФЗ от 27.12.02);**
2. **Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” от 21.07.97 № 116-ФЗ;**
3. **Федеральный закон “О газоснабжении в Российской Федерации” (принят Государственной Думой 12.03.99 );**
4. **Федеральный закон от 2 июля 2008 г. №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»**
5. **Технический регламент «О безопасности машин и оборудования (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2009 года N 753)**  
*New*
6. **ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» (Принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года, одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года)**  
*New*
7. **Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте (принят Указом президента РФ от 27.07.2010 № 225-ФЗ);**  
*New*
8. **Нормативные правовые акты по декларированию промышленной и пожарной безопасности (РД–03-14-2005, ПБ 03-314-99, утв. Госгортехнадзором России, документы МЧС России );**
9. **Постановление Правительства Российской Федерации от 21 августа 2000 года № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти нефтепродуктов»;**
10. **Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2002 года № 240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации»;**

# Нормативные требования о проведении анализа опасностей и риска (2)

7. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008г. №87)
8. «Требования по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» (Приказ МЧС РФ от 28.02.03 №105)
9. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах (РД 09-536-03, Постановление Госгортехнадзора России от 18.04.03 № 14);
10. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности (ПБ 08-624-03, Постановление Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 56)
11. и др. НТД, в т.ч. МЧС РФ (паспорт безопасности опасного объекта)

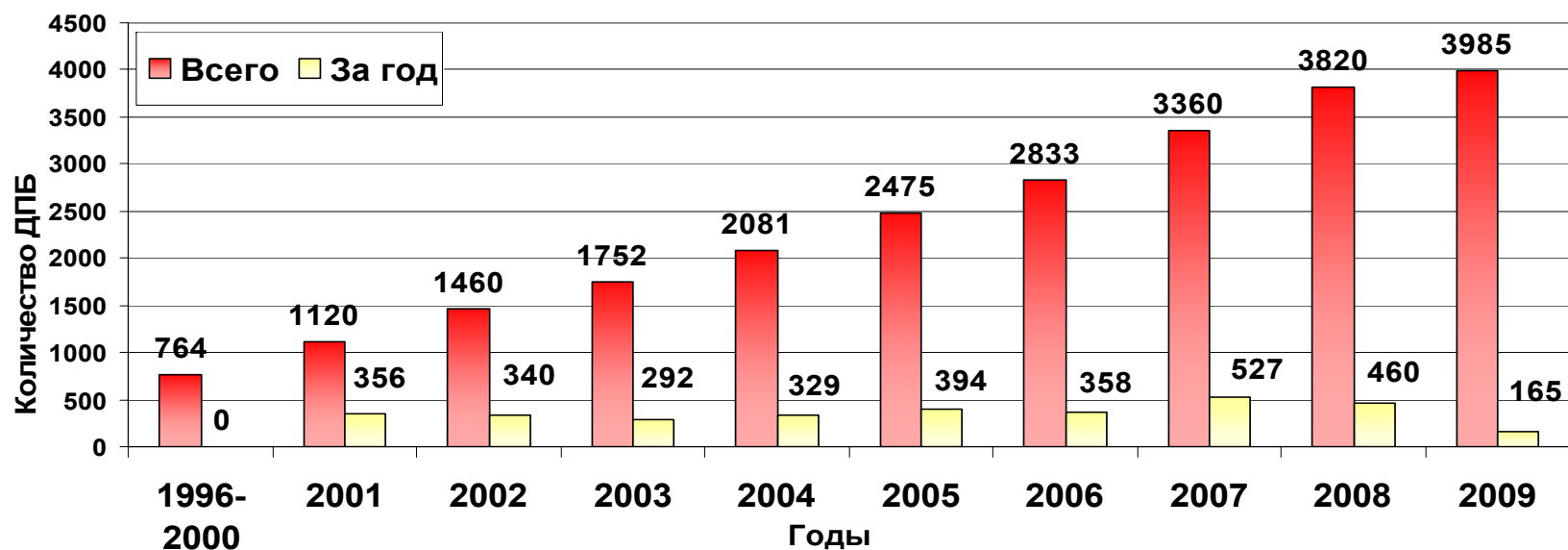
## ***В перспективе:***

- ***«Аудит безопасности» – независимая оценка риска (МЧС России)***
- ***разработка «Обоснования безопасности» (документа, содержащего анализ риска) при проектировании машин и оборудования в соответствии с Техническим регламентом «О безопасности машин и оборудования (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2009 года N 753)***

***Т.о. нормативная база России характеризуется явной тенденцией увеличения положений, содержащих методологию анализа риска как основы для принятия решений по обеспечению безопасности***

## Наиболее полно количественные показатели риска представлены в декларациях промышленной безопасности ОПО (общее кол-во - около 4 тыс. ДПБ)

Всего в государственном реестре (по состоянию на начало 2010 г.) зарегистрировано **298 567** ОПО, эксплуатируемые 124 671 организациями (из них **3 770** ОПО 1-го типа, т.е. менее **2%** от всех ОПО)



Обобщенные сведения о ходе декларирования промышленной безопасности ОПО



# Основные методические документы по оценке риска аварий и пожаров на ОПО

1. «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» РД 03-418-01 (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30)
2. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
3. Методические рекомендации по разработке декларации промышленной безопасности». РД 03-357-00 (утверждены Госгортехнадзором России 26.04.00 № 23).
4. «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах» (утверждено ОАО «АК «Транснефть»» 30.12.99, согл.о Госгортехнадзором России 07.07.99 № 10-03/418.);
- New 5. **СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».**
- New 6. **СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром» СТО Газпром 2-2.3-400-2009**
7. «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» РД-03-26-2007 (утв. Ростехнадзором 14.12.07 №859);
8. «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» РД 03-409-01 (утв. Госгортехнадзором России 26.06.01)
9. Методика оценки последствий химических аварий (ТОКСИ-2, согласована Госгортехнадзором России, 1998 г.)
10. Свод правил СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения Дата введения — 2009—05—01. Приложение А (рекомендуемое). Методика определения необходимого времени эвакуации людей из помещения при пожаре.
11. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Госстандарт России, 1992. - 78 с.
12. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Общие требования. Методы контроля» (пожар пролива, огненный шар)
13. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России №404 от 04.07.2009)
14. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России №382 от 30.06.2009);



# Общие подходы к анализу риска в России и за рубежом едины:

РД 03-418-01, ГОСТ Р 51901.1-2002, ... и др. < = > ISO 17776, ISO 3100... и др.

## Основные вопросы анализа риска:

- 1) *Что плохого может произойти?*  
(Идентификация опасностей),
- 2) *Какова возможность возникновения негативных событий?*  
(Анализ частоты),
- 3) *Какие могут быть последствия?*  
(Анализ последствий).

**Опасности аварий с выбросом горючих веществ и пожаров  
аналогичны  Риск аварии = пожарному риску (для ОПО).**

**РИСК аварии** - мера опасности, характеризующая **возможность**  
возникновения аварии на опасном производственном объекте и  
**тяжесть ее последствий** (РД 03-418-01).

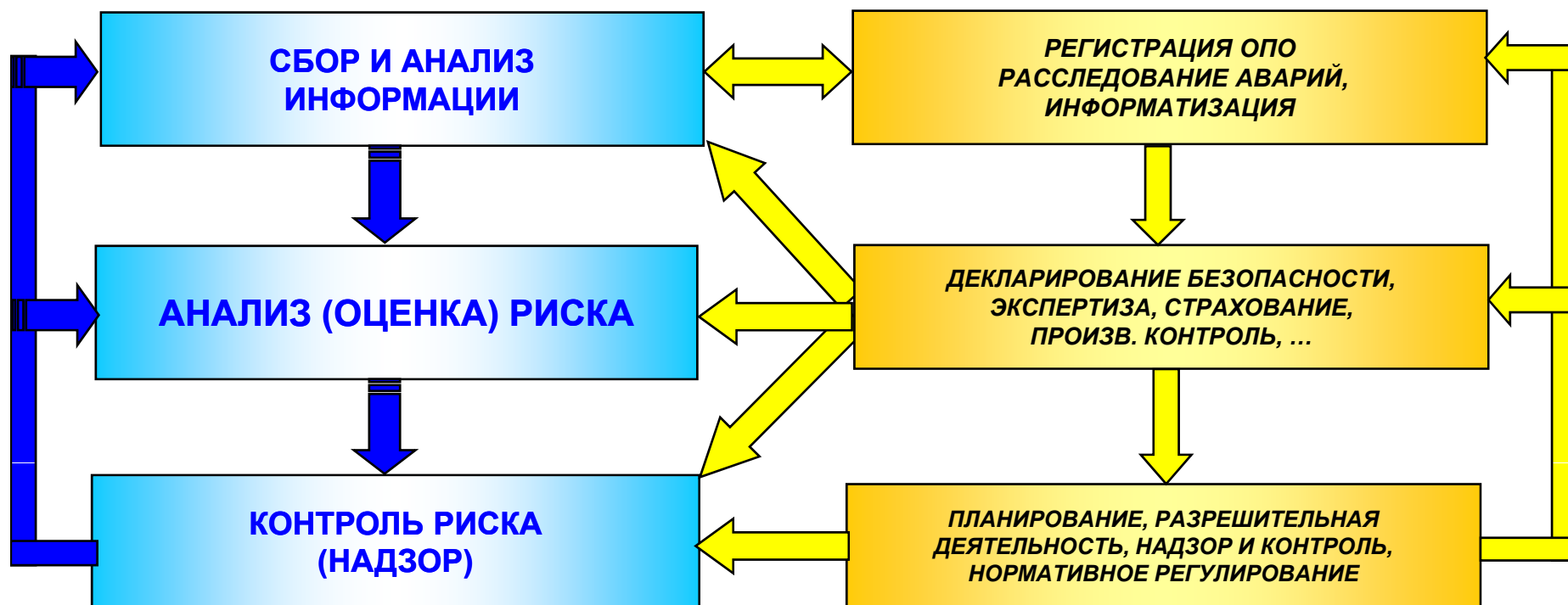
**Пожарный РИСК** - мера **возможности** реализации пожарной  
опасности объекта защиты и **ее последствий** для людей и  
материальных ценностей (ст. 2 №123-ФЗ ).

## РД 03-418-01

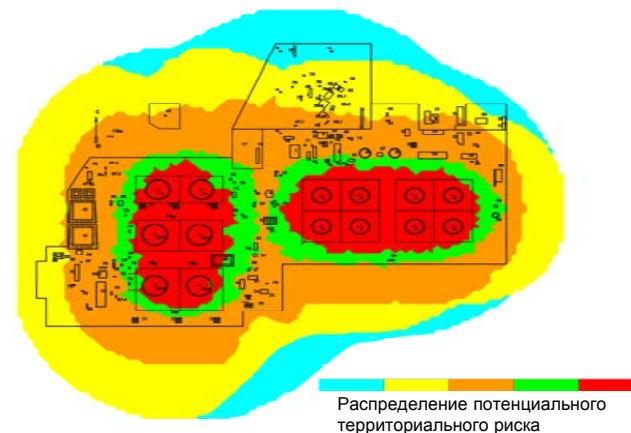
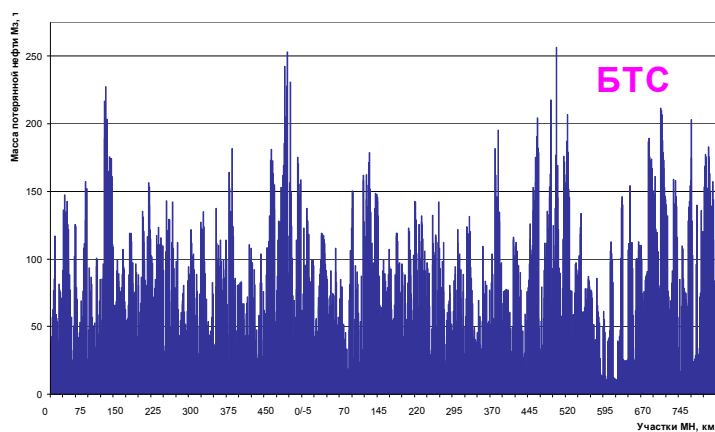
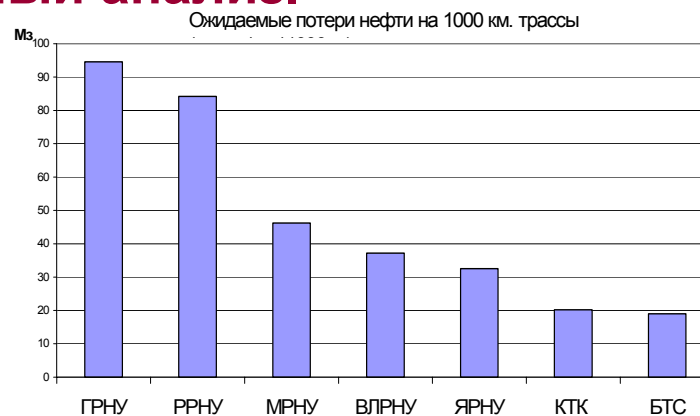
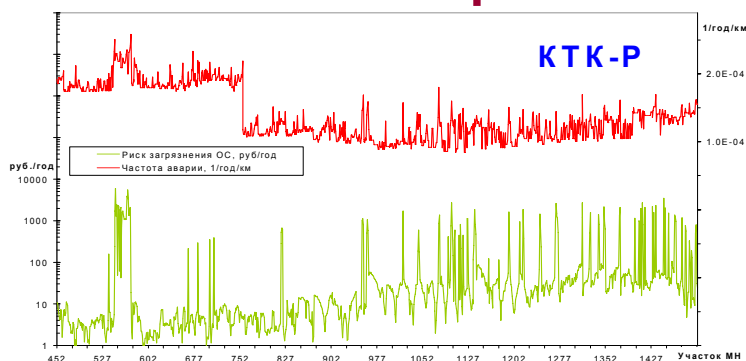
«3.1. Анализ риска аварий ... является составной частью управления промышленной безопасностью...»

### ЭТАПЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА

### ПРОЦЕДУРЫ СУПБ (ФЗ-116)



**РД 03-418-01, РД-03-14-2005:  
Количественный анализ риска:  
обоснование мер безопасности, выявление «слабых» мест,  
сравнительный анализ.**



# Сравнение российских и зарубежных методических подходов

1. Российская нормативная методическая база по анализу риска в части общих подходов и методологии, отраженная в документах Ростехнадзора, МЧС России и ГОСТ Р, в целом гармонизирована с зарубежной.
2. Основные различия связаны с:
  - 1) применением отдельных методик, например, по последствиям взрывов облаков топливно-воздушных смесей (РД 03-409-01 и методика TNO-Multi-Energy);
  - 2) допущениями, применяемыми на практике (например, в зарубежной практике не рассчитываются сценарии с полным разрушением резервуаров СПГ),
  - 3) отсутствием в России:
    - баз данных по инцидентам и отказам оборудования, работающего в российских условиях;
    - нормативных методик расчета взрывных нагрузок в помещениях (например, в платформах) с учетом вероятности их возникновения (давление взрыва в помещениях рассчитывается упрощенно по СП 12.13130.2009 при их категорировании);
  - 4) отсутствием требований и практики по проведению HAZID/HAZOP – процедуры, эффективной для анализа технологических опасностей и дополняющей КОР (проводится почти исключительно совместными предприятиями, например, *ТНК-ВР, СЭИК, Эксон*);
  - 5) с критериями допустимого риска, которые устанавливают как правило компании.



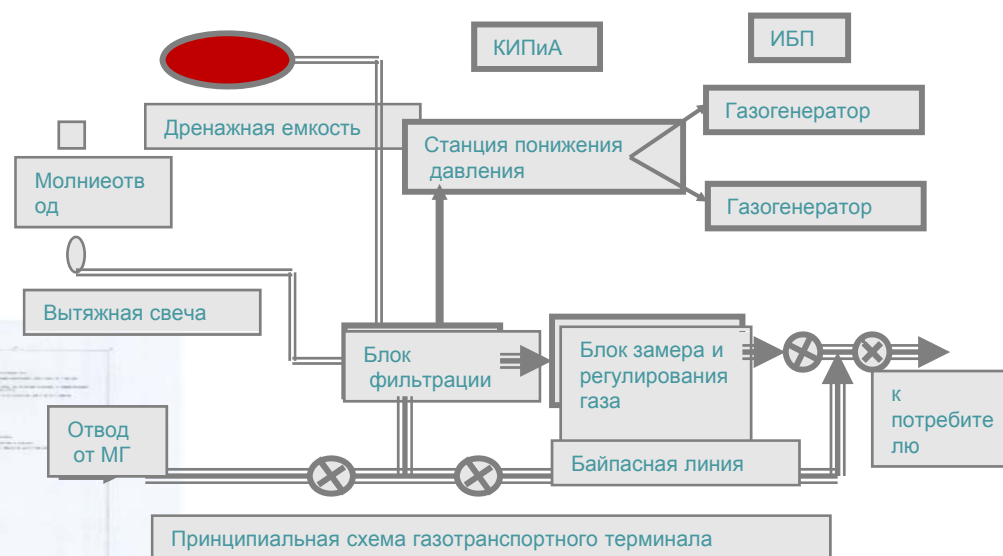
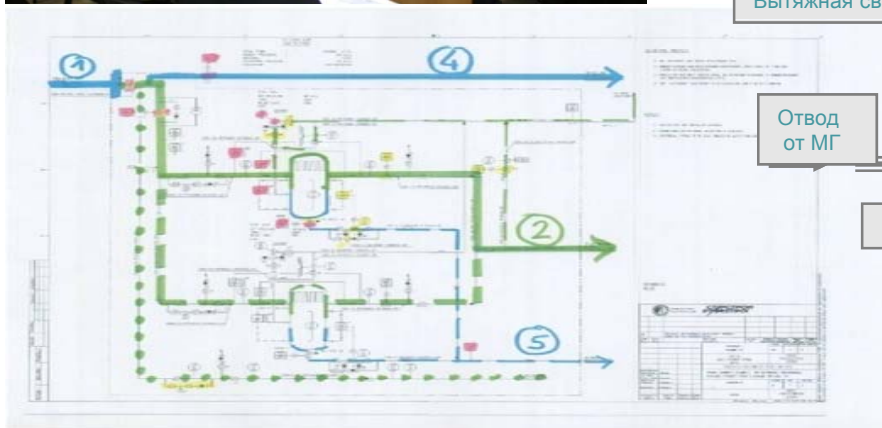
# HAZID/HAZOP

**ЗАО НТЦ ПБ руководил 6 сессиями HAZID/HAZOP: 2-х объектов газоснабжения проекта Сахалин-2 (2007-2009 гг.), объекта УПН ТНК-ВР, КС-3 СИБУР (2010 г.)**

**EP 95-0312. HAZID. HSE Manual. Shell International Exploration & Production B.V.**

**EP 95-0313. HAZOP. HSE Manual. Shell International Exploration & Production B.V.**

**РД 03-418-01, ГОСТ Р 51901.1-02, ГОСТ Р 51901.11-2005, ГОСТ Р 51344-99.**



# Процедуры анализа риска при проектировании морских нефтегазовых объектов (Sevan 1000 FPSO Проект Goliat, Норвегия)

Safety studies	
Dropped object	
Fire risk analysis	
Coarse Explosion and ventilation study	
Explosion risk analysis	
Explosion risk analysis, sensitivities	
Ventilation study	
Wind chill index study	
Exhaust dispersion study	
Vent gas dispersion study	
Escape, Evacuation and Rescue Analysis	
Emergency Systems Survivability study	
Subsea Isolation valve study	
Ship collision	
Helicopter transport	
Subsea & riser risk assessment	
HAZEER	
HAZID	
Ship to ship evacuation and rescue	
Standby Vessel Rescue Recovery Study	
Ice-Strengthening Life Boat Study	
QRA activities	
Information gathering	
Area definition	
Segmentation and scenario definition	
Equipment count	
Leak frequency assessment	
Leak profiles	
Fire calculations	
Ignition probabilities	
Develop risk model	
Populate risk model	
Branch probability calculations	
Impact assessments	
Risk compilation	
QRA Sensitivities	
Non-hydrocarbon accidents	
Reporting QRA	
Comparative study	

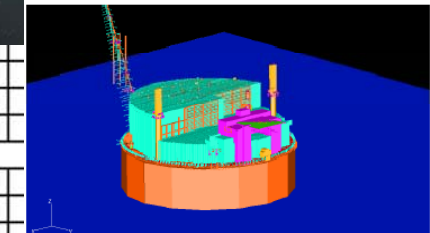


Figure B.8: FLACS Geometry of Winterization seen from North East

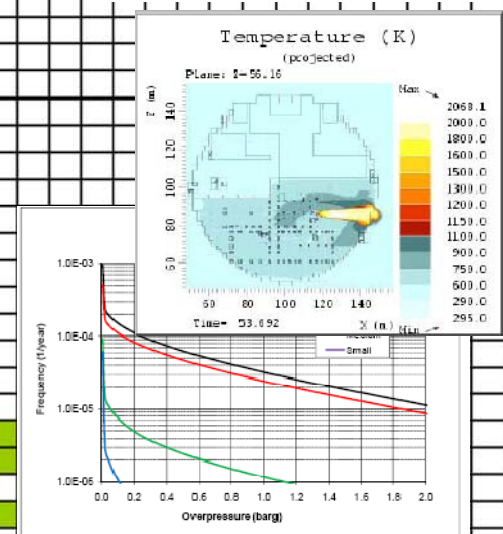


Figure B.24: Pressure - Frequency Curve for M20 (Oil Leaks)

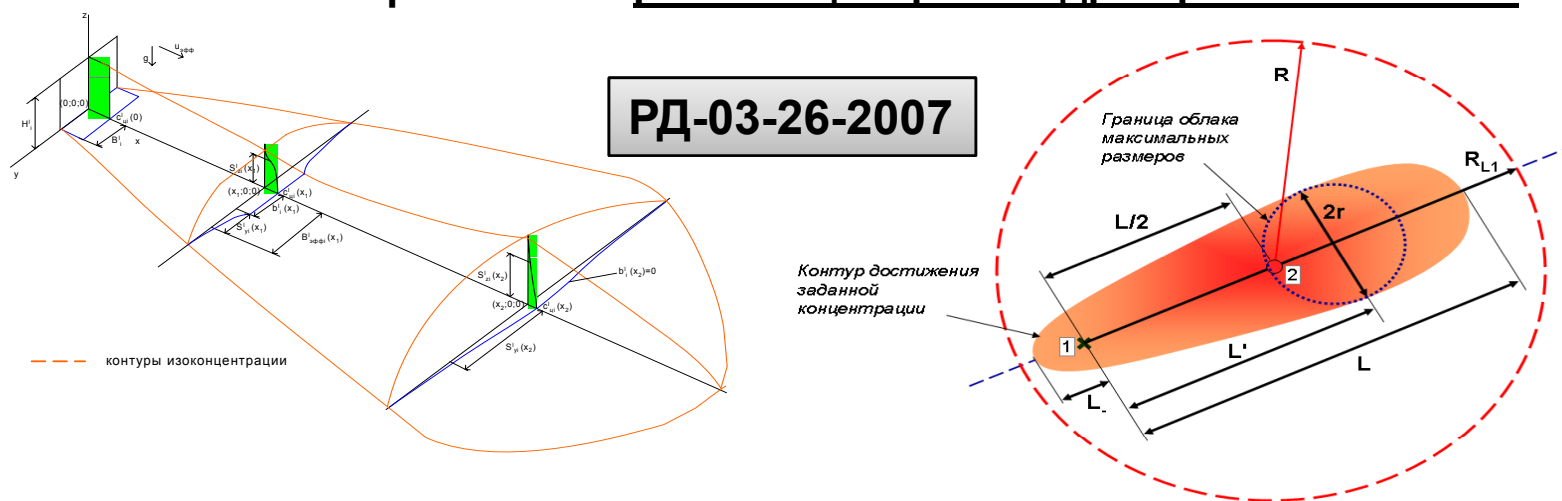
## Типичные ошибки в Декларациях промышленной безопасности, представляемых в Ростехнадзор

- **не полный учет всех опасностей, например, выбросов опасных веществ, используемых на объекте в количествах, меньших пороговых (хлор, коксовый газ);**
- **ошибки при расчетах, необходимых для оценки риска: по причине использования сомнительной статистики, методик, в т.ч. зарубежных;**
- **Неверная трактовка понятий «индивидуальный риск», «социальный риск» (F/N кривые)**
- **Отсутствие или ошибки при расчете поля потенциального риска,**
- **Ошибки при расчете сценариев рассеяния и взрыва дрейфующего облака (игнорирование РД-03-26-2007, РД 03-409-01);**

Согласно ст.6 **Федеральный закон от 2 июля 2008 г. №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»** (ФЗ-123) «расчеты по оценке пожарного риска являются составной частью декларации пожарной безопасности или декларации промышленной безопасности (на объектах, для которых они должны быть разработаны в соответствии с законодательством Российской Федерации)».

Однако на практике, несмотря на одни и те же объекты и опасности, оценка пожарного риска и риска аварий, связанного с пожаром, нередко проводится по различным методикам – Ростехнадзора и МЧС России.

Основное различие – расчет сценариев с дрейфом облака ТВС







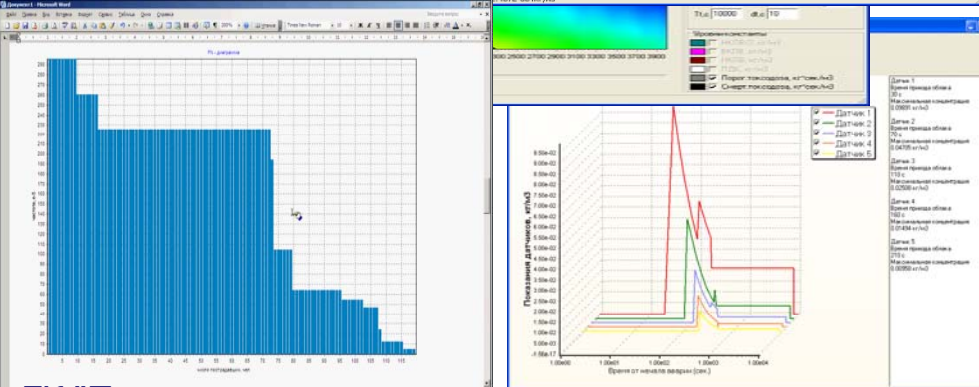
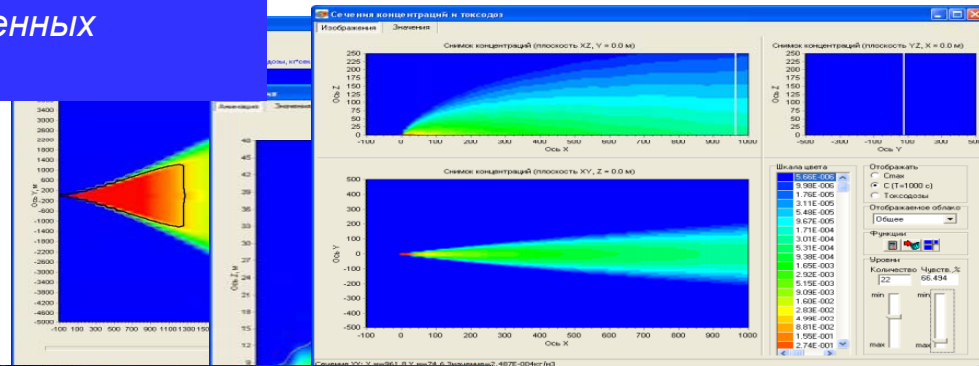
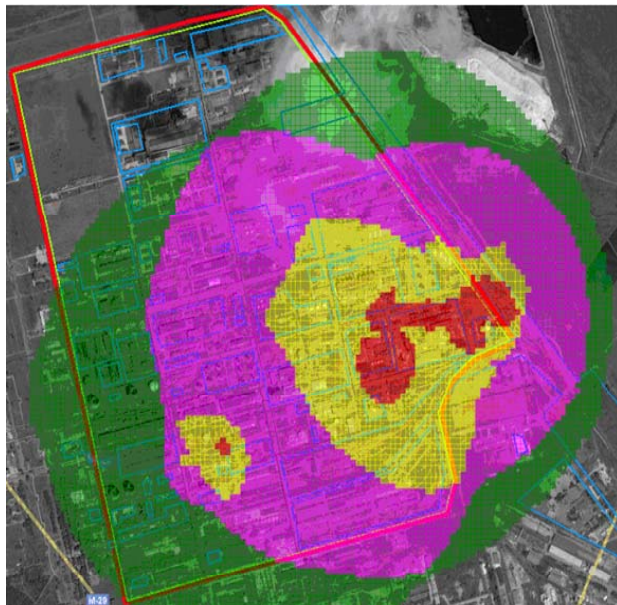
# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

**ДЛЯ АНАЛИЗА ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ И  
ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА**

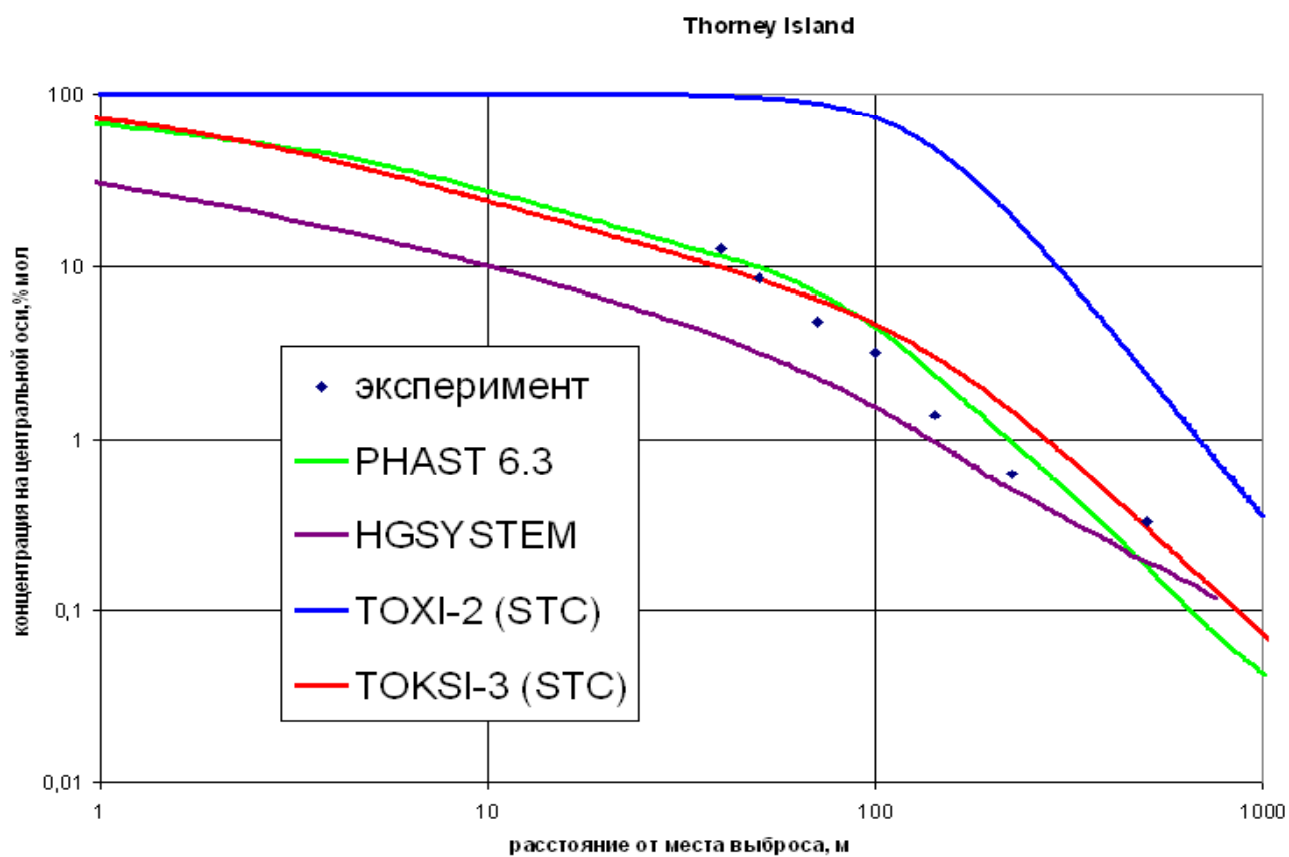
(РАЗРАБОТАН ЗАО НТЦ ПБ)



03-26-2007, РД 03-409-01, ТОКСИ-2, ОНД-86;  
«Методика определения расчетных величин  
пожарного риска на производственных  
объектах» (МЧС России, 2009)...



**Сравнение результатов расчета распределения концентраций на оси распространения облака «тяжелого газа» по различным методикам, в т.ч. РД-03-26-2007 (ТОКСИ-3 -----) с экспериментами**



## Сравнение результатов расчета зон поражения при выбросе СПГ по ТОКСИ+ и DNV Phast

### Пример 1 Струйный выброс сжиженного метана

Давление: 60,8 бар изб.  
Температура: минус 10,2°C  
Диаметр отверстия: 20 мм



MANAGING RISK

Характеристика	Расчет по DNV*	Расчет по документам РФ	Методика
Протяженность зоны НКПВ, м	76	63	[3]
Зона излучения 9,5 кВт/м <sup>2</sup>	60	66	[1]

- Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [1]
- РД 03-409-01 [2]
- РД-03-26-2007 [3]

### Пример 2 Выброс и взрыв метана

Характеристика	Результат расчета по методике DNV	Расчет по документам РФ <sup>1</sup>	Методика
Зона изб. давления 0,3 атм	33	49	[2]
Зона изб. давления 0,2 атм	55	62	[2]
Зона изб. давления 0,14 атм	82	81	[2]

Отличие в расчетах по российским методикам и DNV - 20-30%

### Пример 3 Пожар пролива смеси углеводородного горючего вещества диаметром 28 м

Характеристика	Расчет по DNV	Расчет по документам РФ	Методика
Зона излучения 9,5 кВт/м <sup>2</sup>	32 <sup>1</sup>	46	[1]

\* Отчет по анализу риска для объектов Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ)

# Анализ риска при разработке СТУ

## Требования:

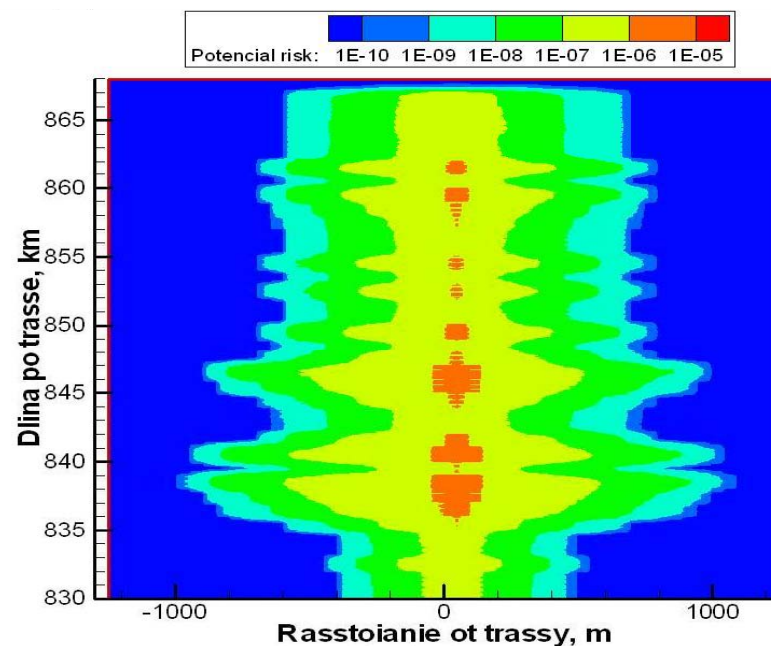
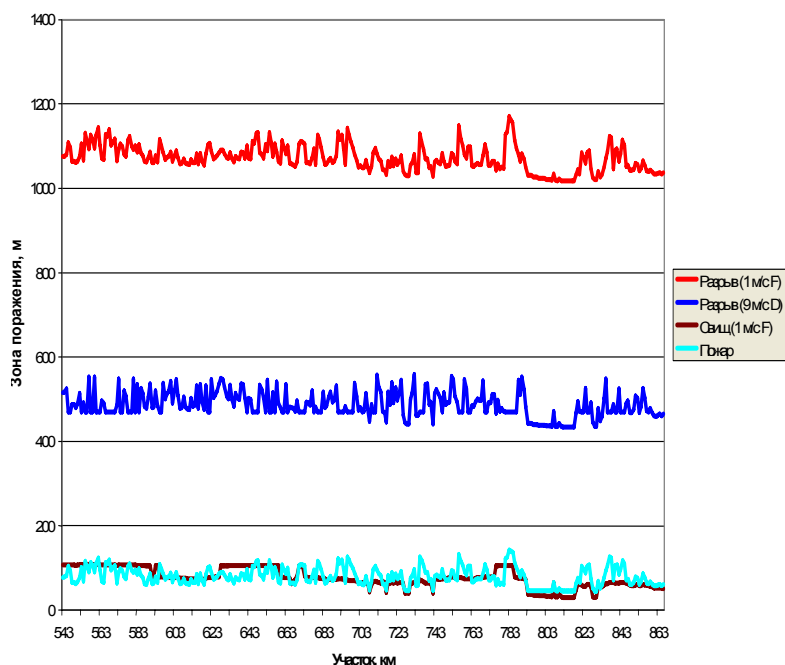
- Федеральный закон «ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» (ст. 6, 15);
- Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008г. №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;
- приказ Минрегиона от 01.04.2008 №36 «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

## Работы ЗАО НТЦ ПБ по анализу риска для обоснования минимальных безопасных расстояний:

- продуктопровода ШФЛУ «Южно-Балыкский ГПЗ – Тобольский НХК» объекта «Незавершенный строительством магистральный продуктопровод «Губкинский ГПЗ – Нижневартовский ГПЗ – Южно-Балыкский ГПЗ – Тобольский НХК», протяженностью 976,4 км (по заказу Сибур-Холдинг);
- Нефтепровода «Тихорецк-Туапсе-2», участок Тихорецк-Заречье (АК «Транснефть»);
- газопровода-подключения ООО «РН-Туапсинский НПЗ» к магистральному газопроводу «Джубга-Лазаревское-Сочи» (Роснефть);
- продуктопровода ШФЛУ ОГПЗ-НХК Самарской области (Сибур-Холдинг) и т.д.

# Реальные размеры зон смертельного поражения по трассе продуктопровода ШФЛУ

на примере продуктопровода Губкинский ГПЗ – Южно-Балыкский ГПЗ,  
Ду 500, протяженность 324 км



## Безопасные расстояния:

1. СНиП 2.05.06-85\* : \_\_\_\_\_ **1,5 – 5,0 км**

2. Р а с ч е т :

зона смертельного поражение \_\_\_\_\_ менее **1,2 км,**  
 вероятности гибели человека  $10^{-6}$  в год - **0,2 км**  
 $10^{-8}$  в год - **0,5 км.**



New

## Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России №404 от 04.07.2009)

- Установлен единый подход к КОР, устранено большинство противоречий в терминологии показателей риска (в т.ч. индивидуального риска по РД 03-418-01), приведены формулы расчета основных эффектов (в т.ч. из РД 03-409-01);
  - *Опасности аварии с выбросом горючих веществ и пожаров одинаковы,*  
⇒ *Индивидуальный риск гибели человека должен быть = индивидуальному пожарному риску, однако методики оценки этих рисков отличаются*
- Методика требует совершенствования в части
  - 1) ее распространения на:
    - магистральные и промысловые трубопроводы,
    - объекты нефтегазодобычи,
    - объекты СУГ;
  - 2) совершенствования расчета:
    - массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство;
    - сценариев с дрейфом «тяжелых газов» и разлетом осколков;
    - на основе более достоверных исходных вероятностных данных.

# Расчет массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство

Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (МЧС РФ, 2009) предписывает:

допускается величину  $M_T$  принимать равной массе горючего вещества, содержащегося в облаке, с учетом коэффициента  $Z$  участия горючего вещества во взрыве.

При отсутствии данных коэффициент  $Z$  может быть принят равным 0,1 (т.е. 10% массы всей смеси может образовывать пожаровзрывоопасную ТВС)

$$M_T = 0,1 * M_{\Pi}$$

**РД-03-26-2007 (утв. Ростехнадзором)**

Для взрывопожароопасных выбросов в момент времени  $t_0$  определяются масса топлива, находящаяся во взрывоопасных пределах и способная участвовать в процессах горения или детонации. Эта масса определяется путем интегрирования концентрации по пространству, ограниченному поверхностями  $\Sigma_{ВКПВ}$  и  $\Sigma_{0,5НКПВ}$ :

$$Q_{ВЗ} = \iiint_{\Sigma_{0,5НКПВ} < V < \Sigma_{ВКПВ}} c(x, y, z, t_0) dx dy dz$$

- такой расчет реализован в программном комплексе ТОКСИ+, ТОКСИ+risk

# Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах (утв. ОАО АК «Транснефть» 30.12.99, 2009 г., согл. Госгортехнадзором России 07.07.99)

## *Учитывает факторы риска, влияющие на аварийность, объемы утечки, в т.ч. эффективность действий АВС при ликвидации разливов нефти*

Оценка вероятности аварии основана на принципе балльной оценки факторов риска, который также отражен в:  
W. Kent Muhlbauer. Pipeline Risk Management Manuel. / Gulf Publishing Company. 1992. 256 p.

Количественная оценка удельных и интегральных показателей риска аварий на МН:

- **частота аварий** (ав./год, ав./км/год),
- **Возможные и ожидаемые величины массы утечек и потерь нефти** (т, т/год, т/км/год)
- **экологический риск** (руб./год) в соответствии с:
  - *Постановление* Правительства Российской Федерации «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» от 28 августа 1992 г. № 632;
  - *Постановление* Правительства Российской Федерации «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» от 12 июня 2003 г. № 344.
  - *Методика* исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства // Российская газета. — № 113. — 2009. — 24 июня.
  - *Методика* расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов (утв. приказом Госкомэкологии России от 5 марта 1997 г. № 90).

## Анализируются 8 групп из 39 факторов, влияющих на вероятность аварии МН

1. Внешние антропогенные воздействия (7 факторов – глубина заложения, плотность населения, частота патрулирования...)
2. Коррозия (7 – качество ЭХЗ, покрытие, активность грунта...)
3. Качество производства труб (3 – марка стали, поставщик,...)
4. Качество СМР (6 – качество, объем сварки,... )
5. Конструктивно-технологические факторы (4 – толщина стенки, телемеханика, ...)
6. Природные воздействия (4 – перемещение грунта, ...)
7. Эксплуатационные факторы (5 – документация, обучение, связь,...)
8. Дефекты тела трубы и швов (3 – количество и опасность дефектов, ...)

$$F_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i \cdot q_{ij} \cdot B_{ij}$$

$$B^* = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

$$\lambda_n = \bar{\lambda} F_n / B^*$$

## Оценка влияния групп факторов $\rho_i$ на основе анализа аварийности МН

Причины (№ группы факторов по /4/)	Количество аварий, шт.						
	2004	2005	2006	2007	2008	Всего:	
						шт.	%
Брак строительного-монтажных работ (4)	0	2	2	0	0	4	5,9
Причины организационного характера (7)	0	0	3	0	2	5	7,4
Механическое воздействие при проведении земляных работ (1)	2	1	0	0	1	4	5,9
Коррозия (2)	0	0	1	0	0	1	1,5
Несанкционированная врезка (1)	15	8	12	10	2	47	69,1
Заводской брак (3, 4, 5)	2	2	0	3	0	7	10,3
Прочие	0	0	0	0	0	0	0,0
<b>ИТОГО:</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>68</b>	<b>100</b>
Средняя интенсивность аварий, 1/(1000 км·год)	0,38	0,26	0,37	0,25	0,1	за 5 лет лср. = 0,27	

Обозначение и наименование группы факторов		Доля группы, $\rho_i$
Гр <sub>1</sub>	Внешние антропогенные воздействия	0.75
Гр <sub>2</sub>	Коррозия	0.01
Гр <sub>3</sub>	Качество производства труб	0.03
Гр <sub>4</sub>	Качество строительного-монтажных работ	0.05
Гр <sub>5</sub>	Конструктивно-технологические факторы	0.08
Гр <sub>6</sub>	Природные воздействия	0.05
Гр <sub>7</sub>	Эксплуатационные факторы	0.03
Гр <sub>8</sub>	Дефекты тела трубы и сварных швов	0



## Балльная оценка частоты аварии с учетом компенсирующих мероприятий (фрагмент)

Обозначение и наименование фактора влияния		Доля группы факторов, $p$	Доля факторов в группе, $q$	Содержание исходной информации	Балльная оценка		Примечание
					без учета мероприятий	с учетом мероприятий	
$F_{11}$	Минимальная глубина заложения подземного МН	0,75	0,2	Фактическая толщина слоя грунта $h$ , м, над верхней образующей самого мелкозаглубленного отрезка в пределах рассматриваемого участка МН	0,83	0	Нормативное заглубление – 0.8м. С учетом мероприятий – 1.8 м.
...							
<b>ИТОГО по участку</b>							
Балльная оценка участка $F_n$					1,481	1,285	
Балльная оценка среднестатистического действующего нефтепровода					3		
«Базовая» интенсивность аварий $\lambda$ , 1000/(км*год)					0,027		
Удельная частота $\lambda_n$ , 1000/(км*год)					0,0133	0,0116	
Частота аварии на $n$ участке, 1/год					$1,78 \cdot 10^{-5}$	$1,55 \cdot 10^{-5}$	



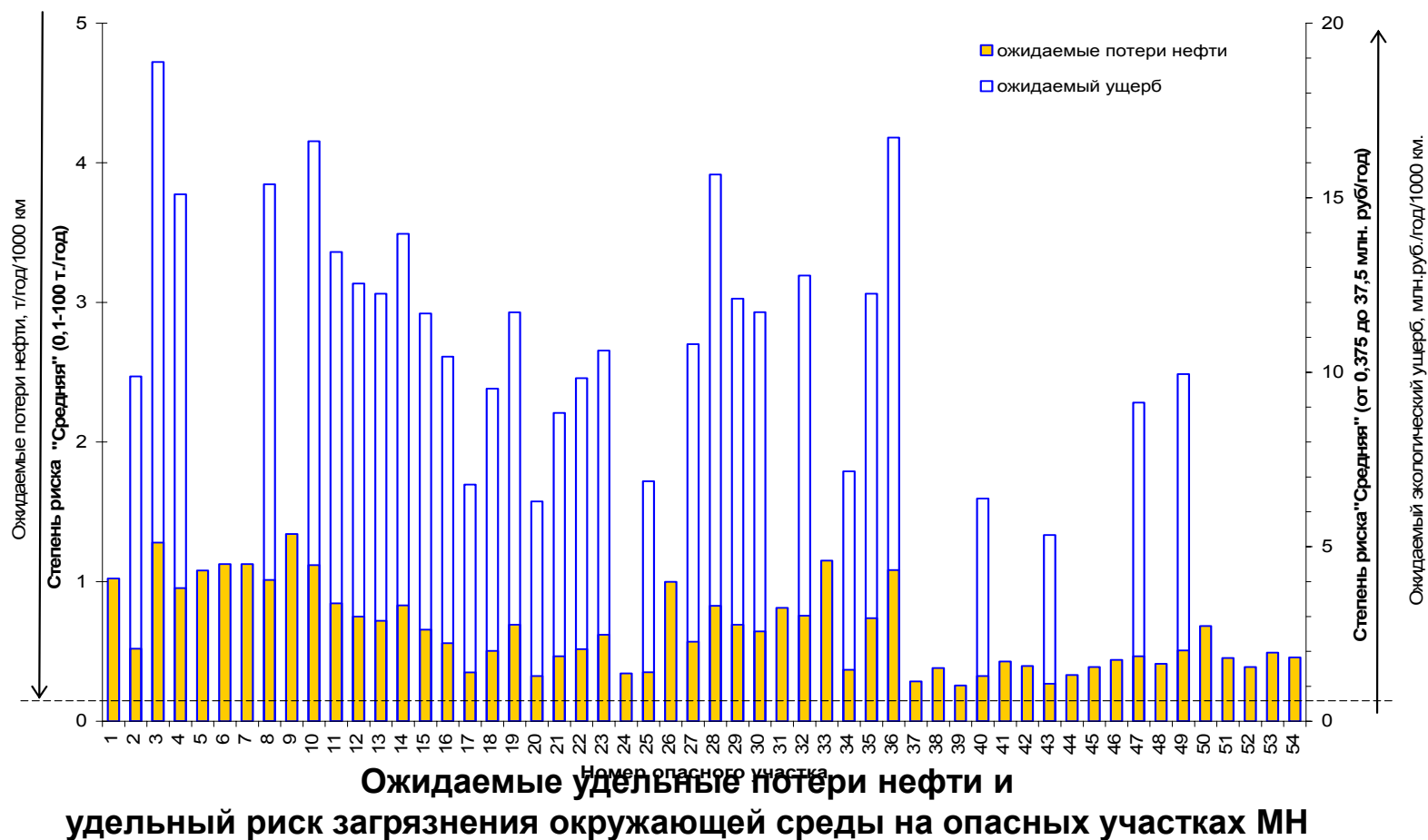
## Критерии степени риска аварий на МН

Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах ОАО «АК «Транснефть»  
(согл. Госгортехнадзором России 07.07.99 №10-03/418)

Степень риска	Ожидаемый объем потерь нефти $R_v$ , т/год на 1000 км длины МН	Ожидаемый экологический ущерб $R_d$ , руб/год на 1000 км длины МН
«Низкая»	Менее 0.1	Менее 100 (375*) тыс.
«Средняя»	0.1 – 100	100 – 10000 тыс.
«Высокая»	Более 100	Более 10 (37,5) млн.

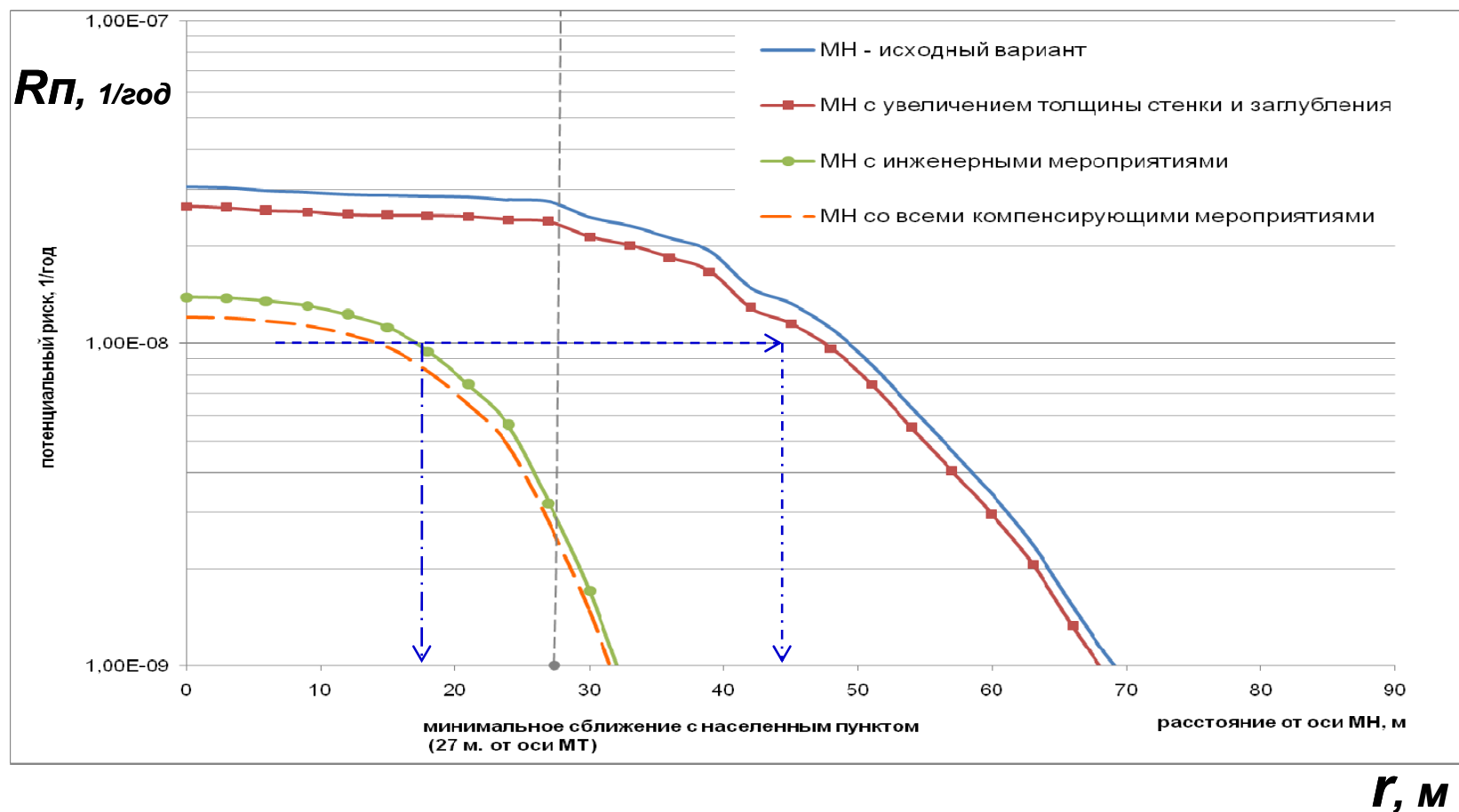
\* в ценах 2009г. исходя из стоимости нефти

## Пример: анализ риска для СТУ на проектирование магистрального нефтепровода Тихорецк-Туапсе-2» (182-247 км) ОАО «Черномортранснефть» (апрель 2010 г.)



## Влияние компенсирующих мероприятий

на зависимость потенциального риска гибели людей  $R_{п}$  (1/год) от расстояния до оси трубопровода  $r$  (м) при авариях на участке нефтепровода «Тихорецк-Туапсе»



**СТУ на проектирование магистрального нефтепровода  
Тихорецк-Туапсе-2» (участок 182-247 км)  
ОАО «Черномортранснефть»**

**В результате количественного анализа риска рассматриваемого МН:**

▪ проанализировано влияние проектных решений на показатели риска, в том числе увеличение *толщины стенки трубы, глубины залегания, прокладки «труба в трубе»,* строительство дамб и иных мероприятий, компенсирующих вынужденные отступления от требований табл.4\* СНиП 2.05.06-85\*;

▪ показано, что при внедрении компенсирующих мероприятий минимальное безопасное расстояние от рассматриваемого нефтепровода до соседних объектов, соответствующее уровню

1) индивидуального риска гибели людей -  **$10^{-8}$  год<sup>-1</sup>,**

2) приемлемого экологического риска - **375 тыс. руб/год)**

может быть снижено до **30 м вместо 150 м** по СНиП 2.05.06-85\*.



## Перспективные направления совершенствования расчетных методик:

- **Уточнение формул «интегральных» аналитических моделей, критериев поражения, разрушения (РД-03-26-2007, РД 03-409-01, методик МЧС РФ);**
- **«Численное моделирование», основанное на численном решении уравнений, описывающие распространение опасных в-в («полевые» модели методик МЧС оценки пожарного риска в помещениях, FLACS, ANSYS, PLATO)**

# Основные уравнения «прямого численного» моделирования выброса и рассеяния

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0;$$

Сохранение массы

$$\frac{\partial (\rho Y_k)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho Y_k \mathbf{u}) = \mathfrak{S}_k - \nabla \cdot \mathbf{I}_k;$$

Сохранение отдельных компонент

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \otimes \mathbf{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_l + \mathbf{g};$$

Сохранение импульса

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E \mathbf{u}) = \mathfrak{J} - \nabla \cdot \mathbf{I}_q - \nabla \cdot (p \mathbf{u}) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\tau}_l \cdot \mathbf{u}).$$

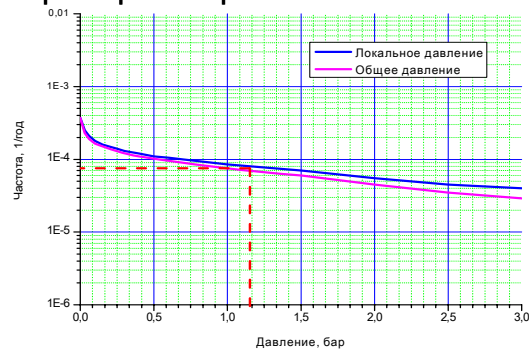
Сохранение энергии

## Зарубежный опыт оценки взрывных нагрузок:

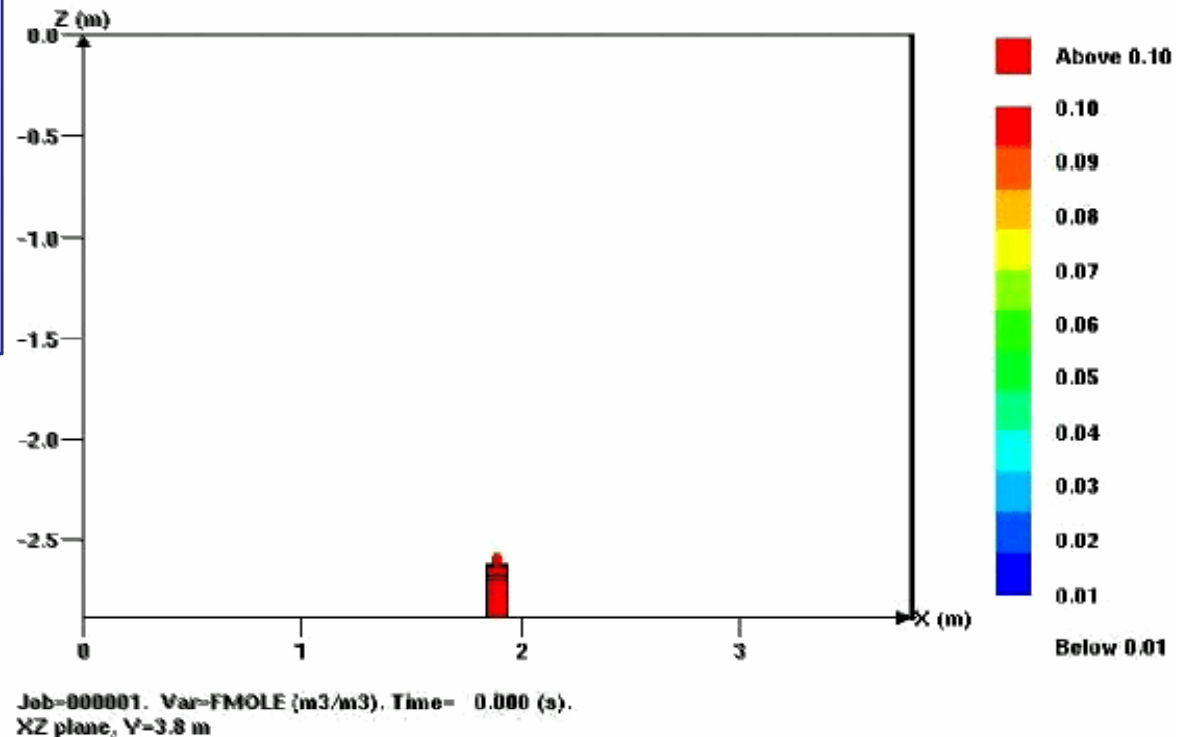
### Использование программного комплекса FLACS (Flame Acceleration Simulator)

1. Моделирование геометрии утечки;
2. Анализ частоты утечки;
3. Моделирование рассеяния газа;
4. Моделирование зажигания газо-воздушной смеси;
5. Симуляция взрыва;
6. Вероятностный анализ взрыва.

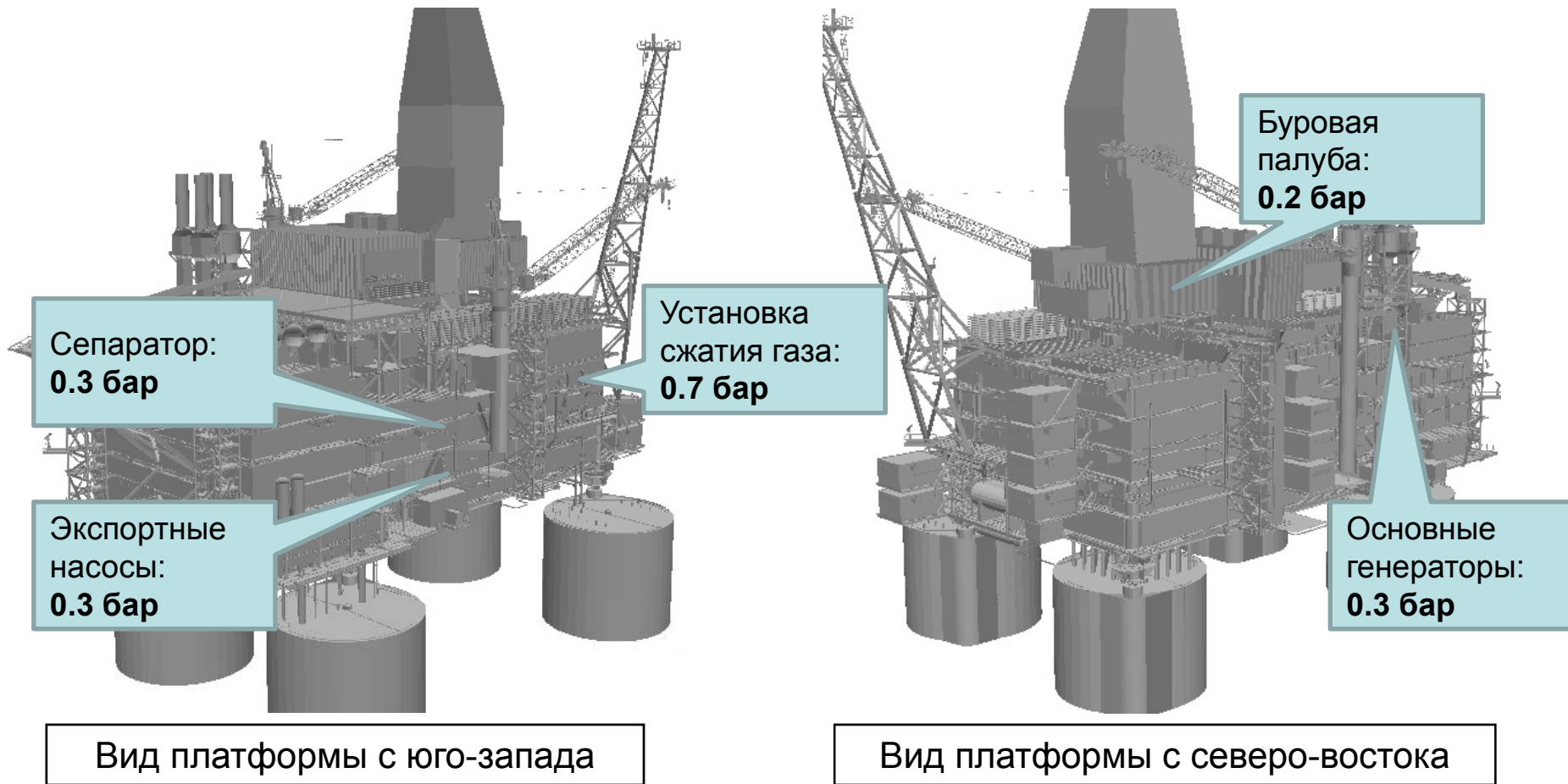
\* - на примере выброса газа



### Выброс газа



# Результаты базового расчета взрывных нагрузок нефтегазодобывающей платформы\*



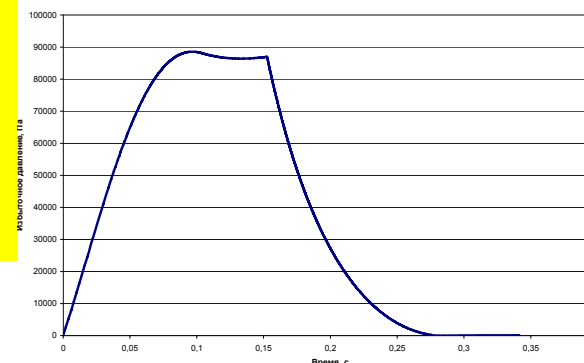
\* - По материалам проектной документации платформы Аркутун-Даги (Сахалин-1) - рассчитано с учетом требований NOR-SOK Z-013, использованием FLACS и ExploRAM.



## Результаты сравнительных расчетов избыточного давления в зоне манифольда морской платформы

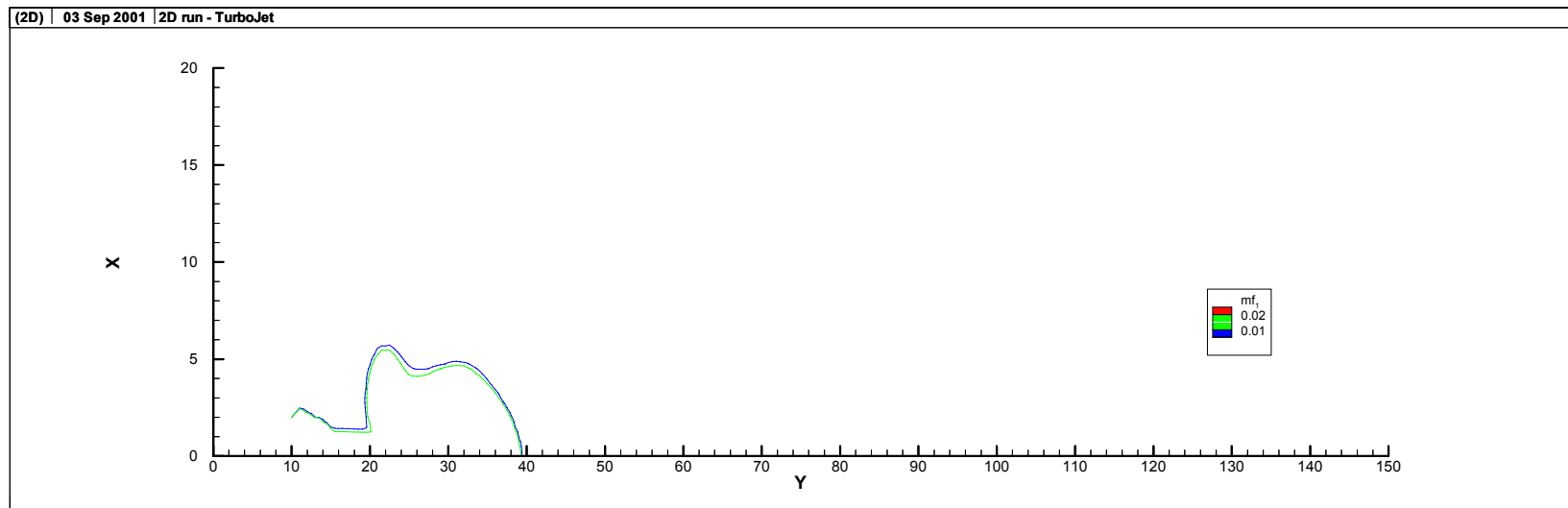
Размер облака ТВС	Избыточное давление, рассчитанное по FLACS/ExploRAM, бар	Избыточное давление, рассчитанное по МГСТУ/СТО РД Газпром 39-1.10.-084-2003, бар
объем облака 103,1 м <sup>3</sup> (7,2x3,6x5,5 м)	0,147	0,075
объем облака 466,8 м <sup>3</sup> (14,5x7,2x5,5 м)	1,447	0,250
объем облака 1147,8 м <sup>3</sup> (22,9x11,4x5,5 м)	<b>12,38 ?</b>	<b>0,899</b>

**Зарубежные программы часто являются «черным ящиком», использование которого может привести к неверным результатам**

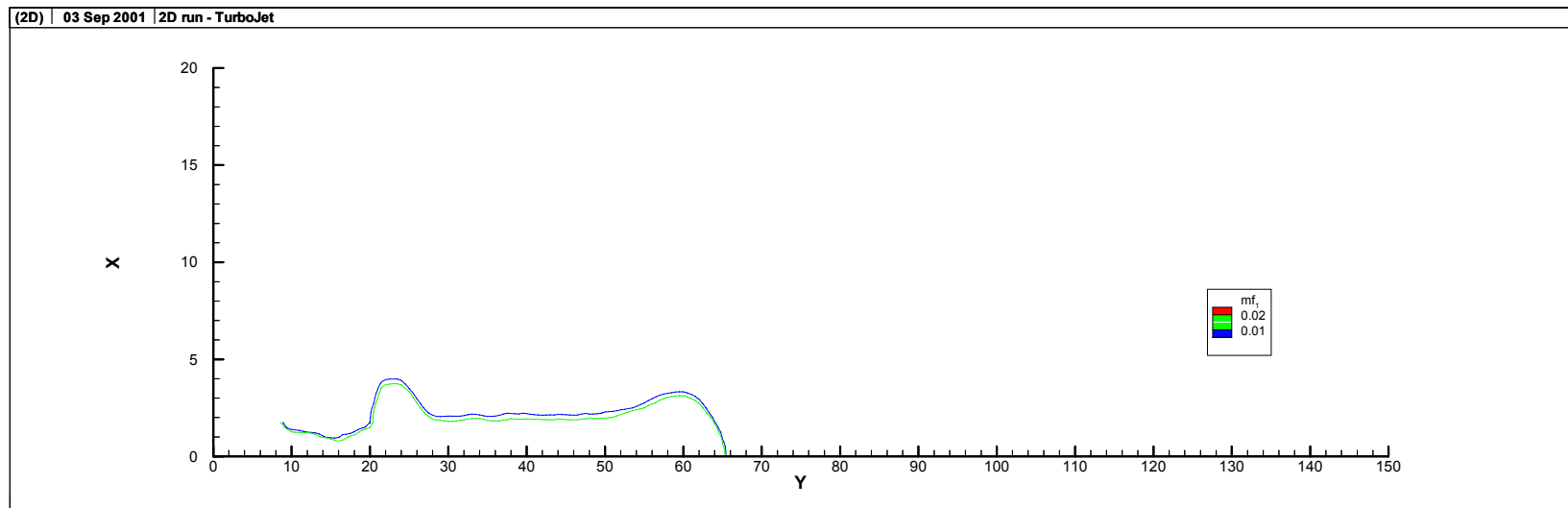




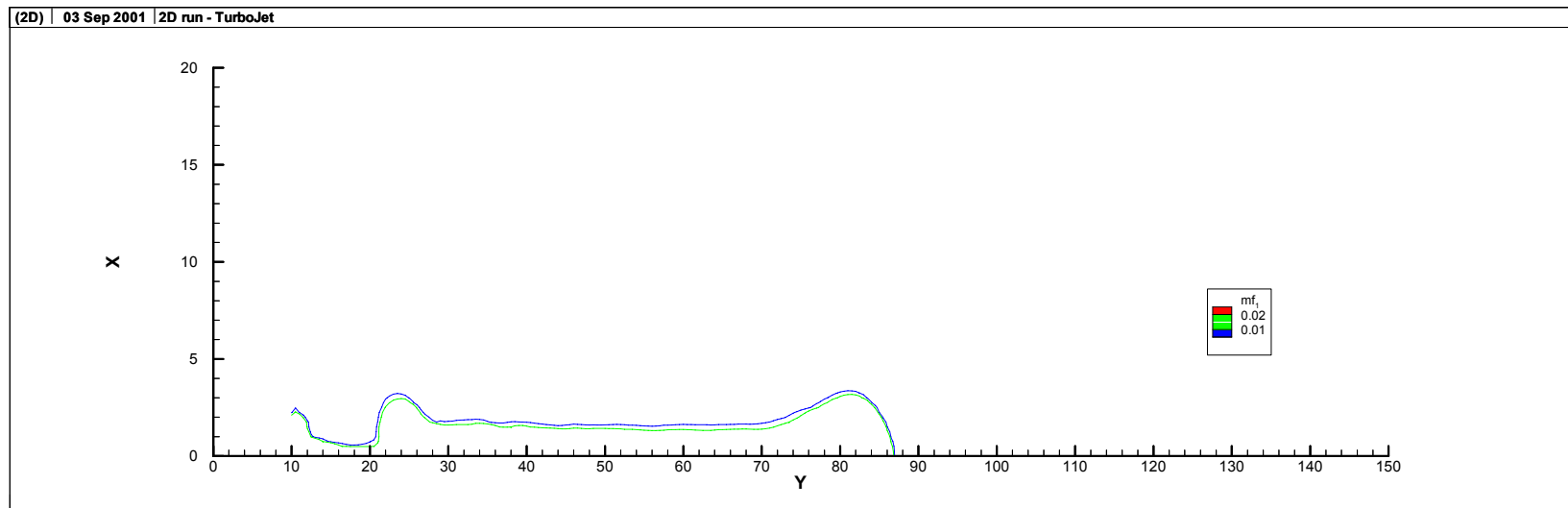
# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 150 мс)



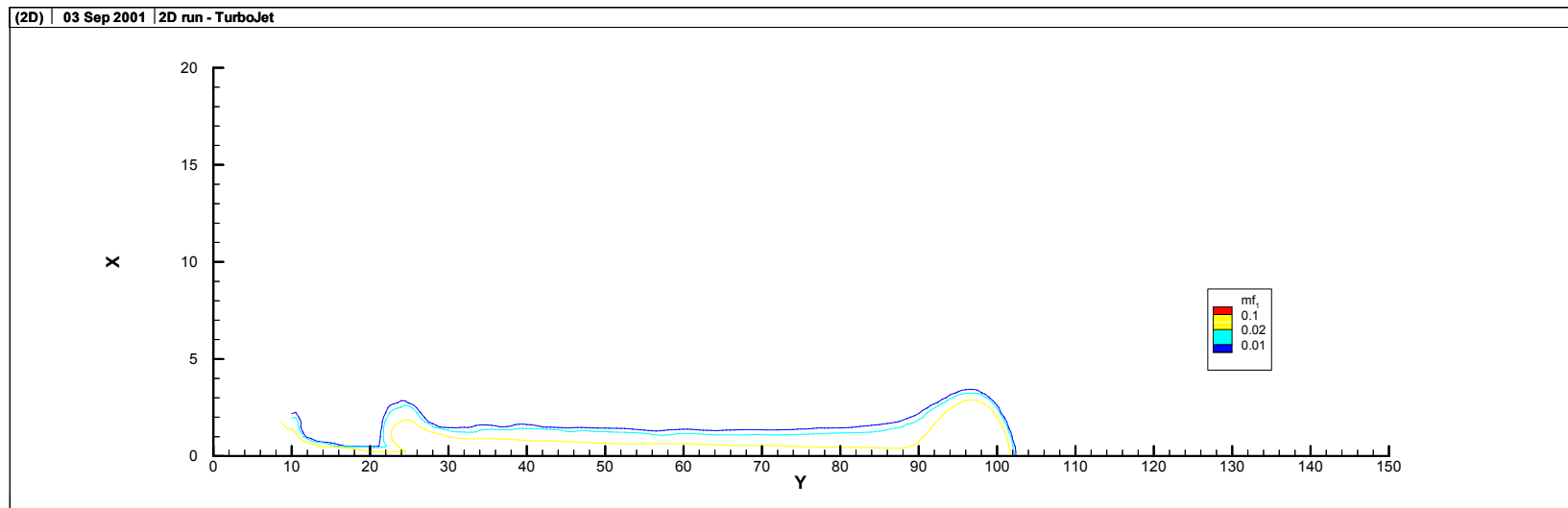
# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 300 мс)



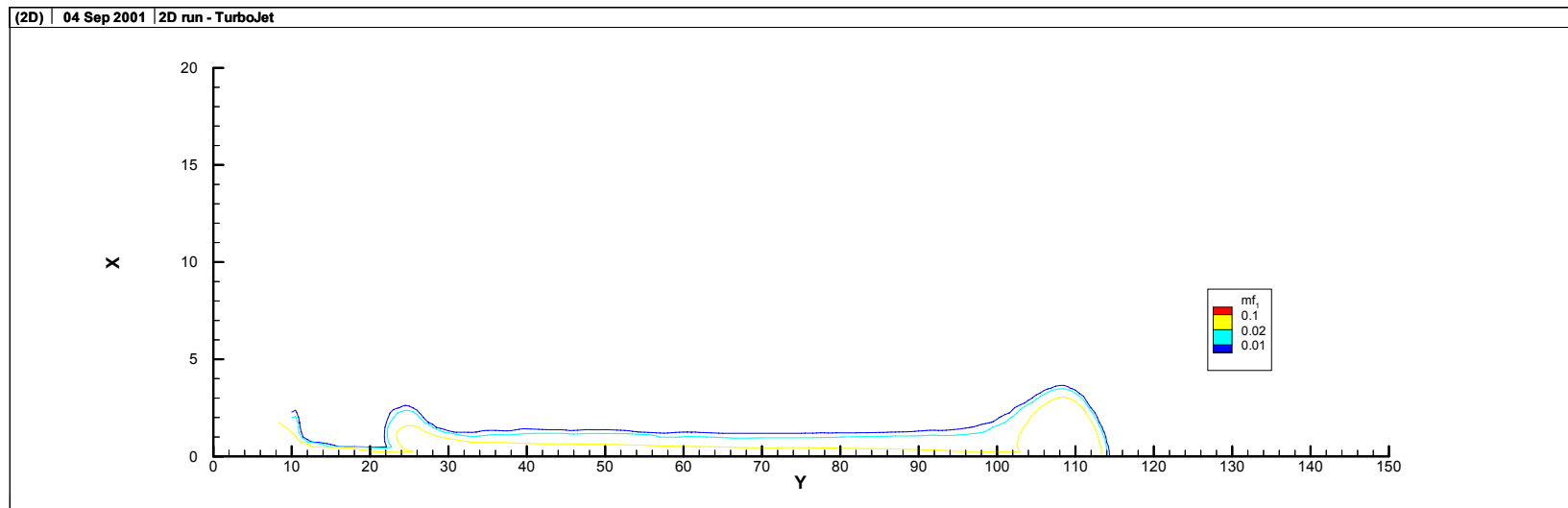
# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 450 мс)



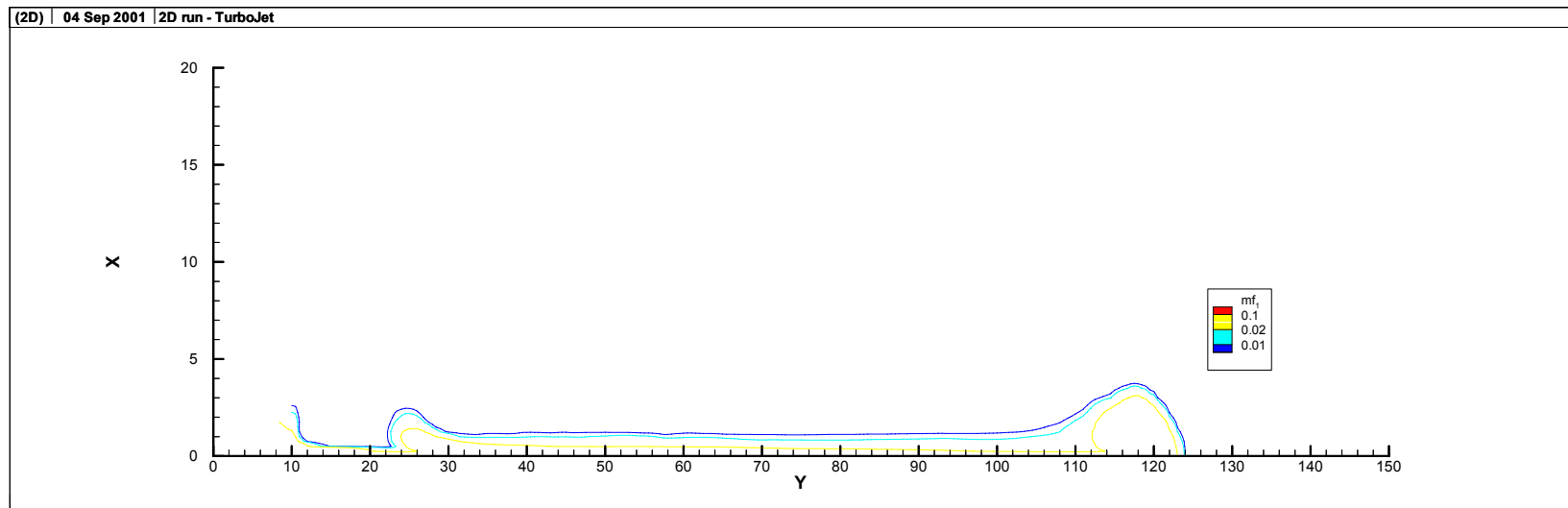
# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 600 мс)



# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 750 мс)

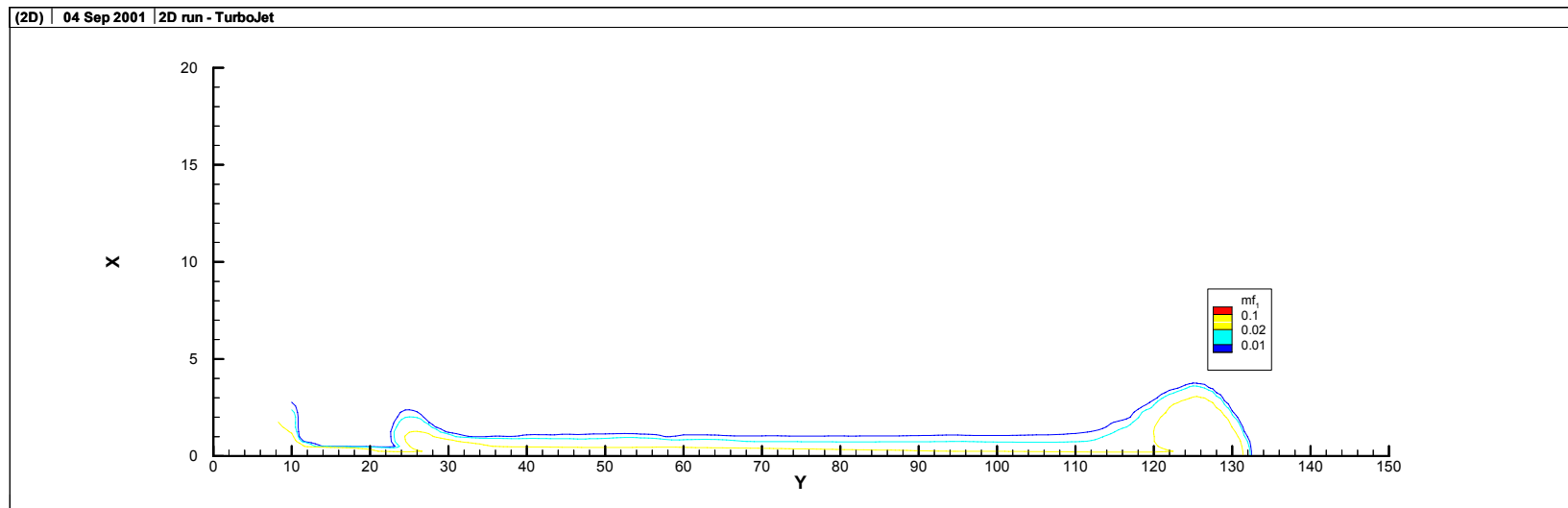


# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 900 мс)

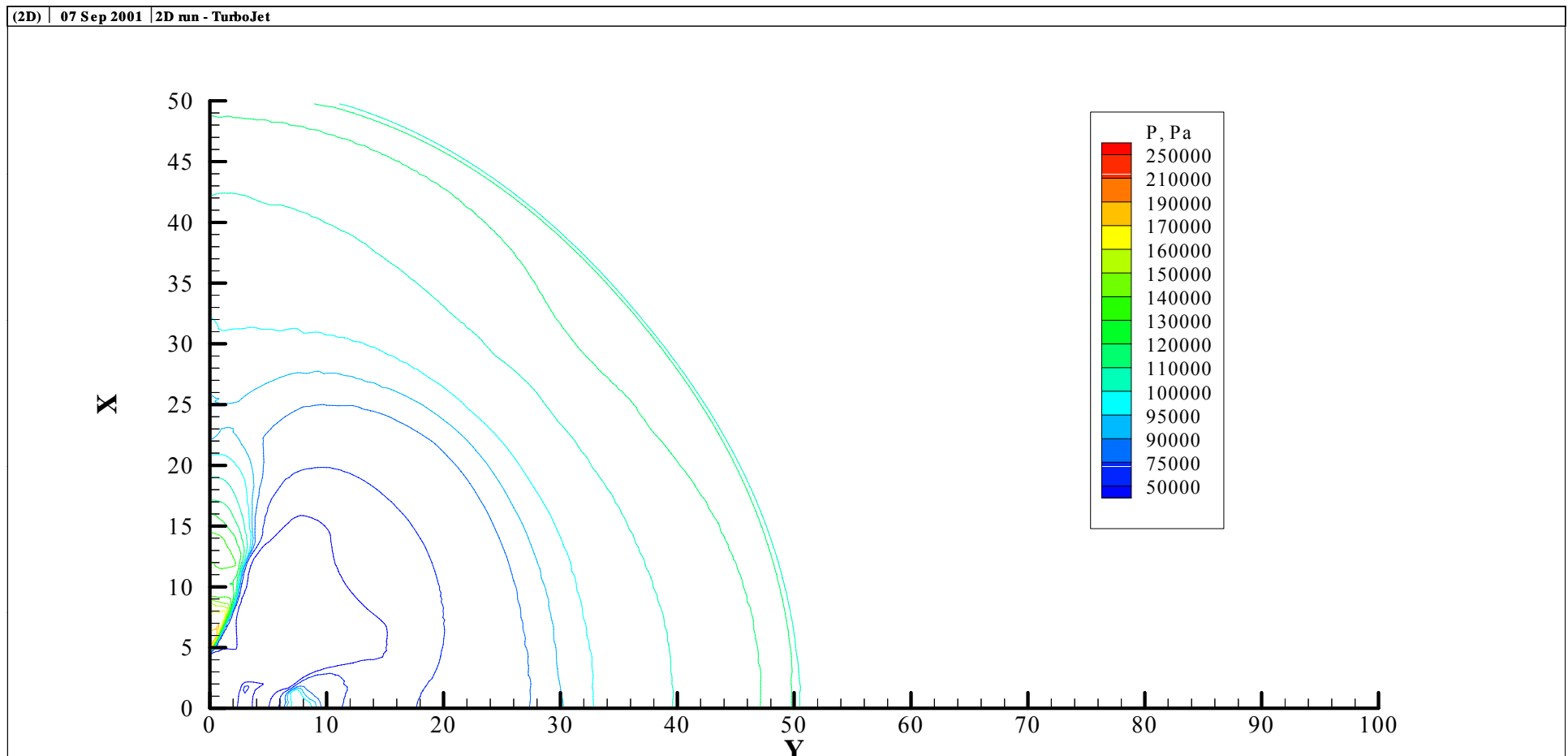




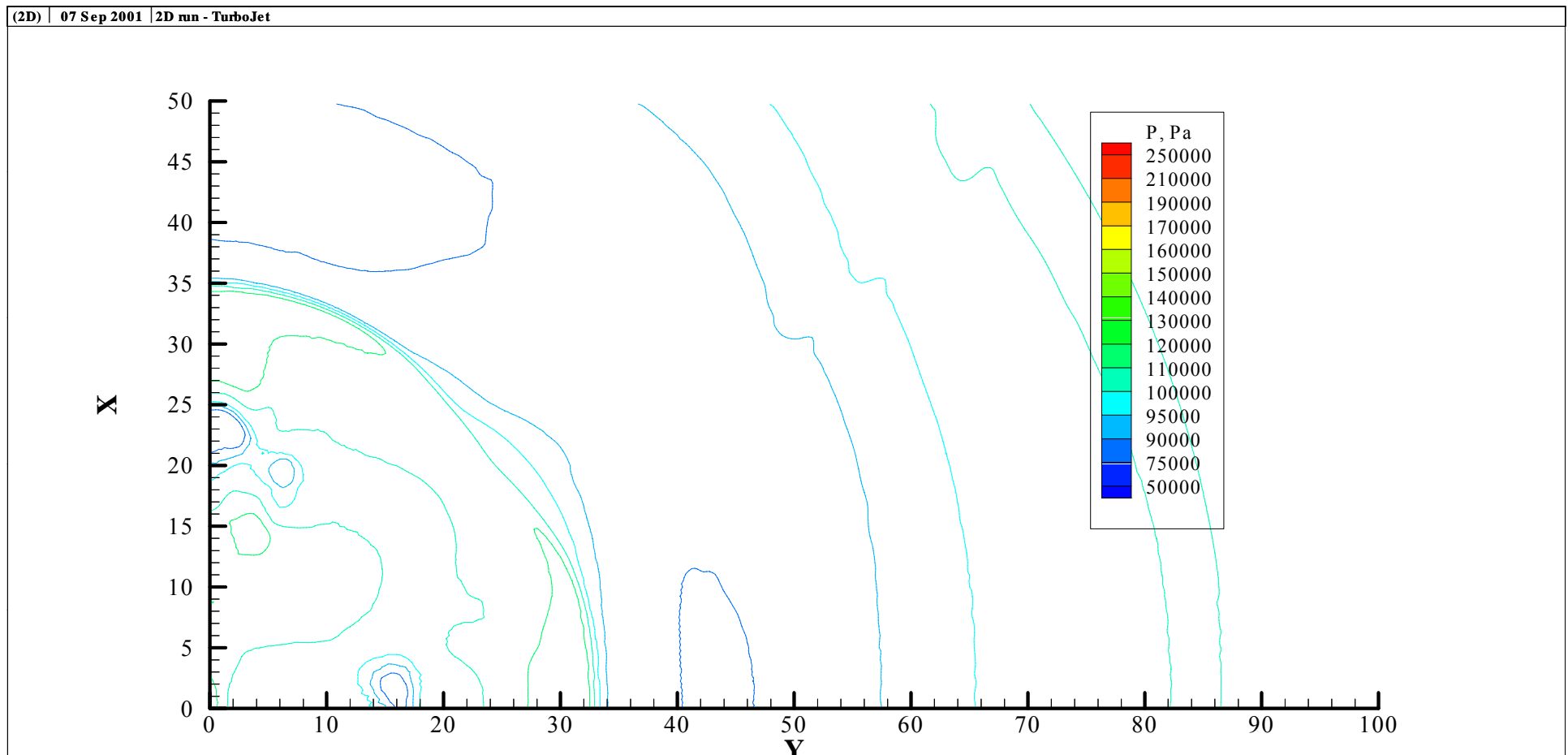
# Выброс пропана при разрушении нижней части емкости (17 т, 1050 мс)



# Численное моделирование (ЗАО НТЦ ПБ) Поля давления при выбросе СУГ из ресивера Е-502. Полное разрушение всего оборудования: выброс направлен во все стороны (100 мс)



# Численное моделирование (ЗАО НТЦ ПБ) Поля давления при выбросе СУГ из ресивера Е-502. Полное разрушение всего оборудования: выброс направлен во все стороны (200 мс)





# Морские трубопроводы

## Процессы, учитываемые при моделировании выброса многофазной продукции («газ+жидкость»)

- Наличие в трубопроводе многофазности в широком диапазоне (от пузырькового режима до режима «газ+капли»);
- Влияние профиля трассы, волновых процессов;
- сжимаемость среды, что затрудняет обнаружение утечек;
- расслоение в трубопроводе с образованием жидких «карманов» и газовых «подушек» при остановке перекачки;
- Влияние на выброс противодействия воды, различные условия «запирания» потока;
- долгое существование высоких давлений с возможностью выброса и воспламенения струи газа...



## Подход к моделированию аварийных выбросов многофазной продукции

**Прямое численное моделирование:**

*численное решение уравнений гидрогазодинамики аварийного истечения*

$$\frac{\partial(\rho_s)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_s u_s)}{\partial x} = S \quad \frac{\partial(\rho_s u_s)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_s u_s u_s)}{\partial x} = S^u \quad \frac{\partial(\rho_s e_s)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_s e_s u_s)}{\partial x} = S^e$$

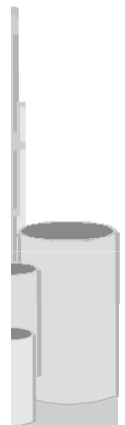
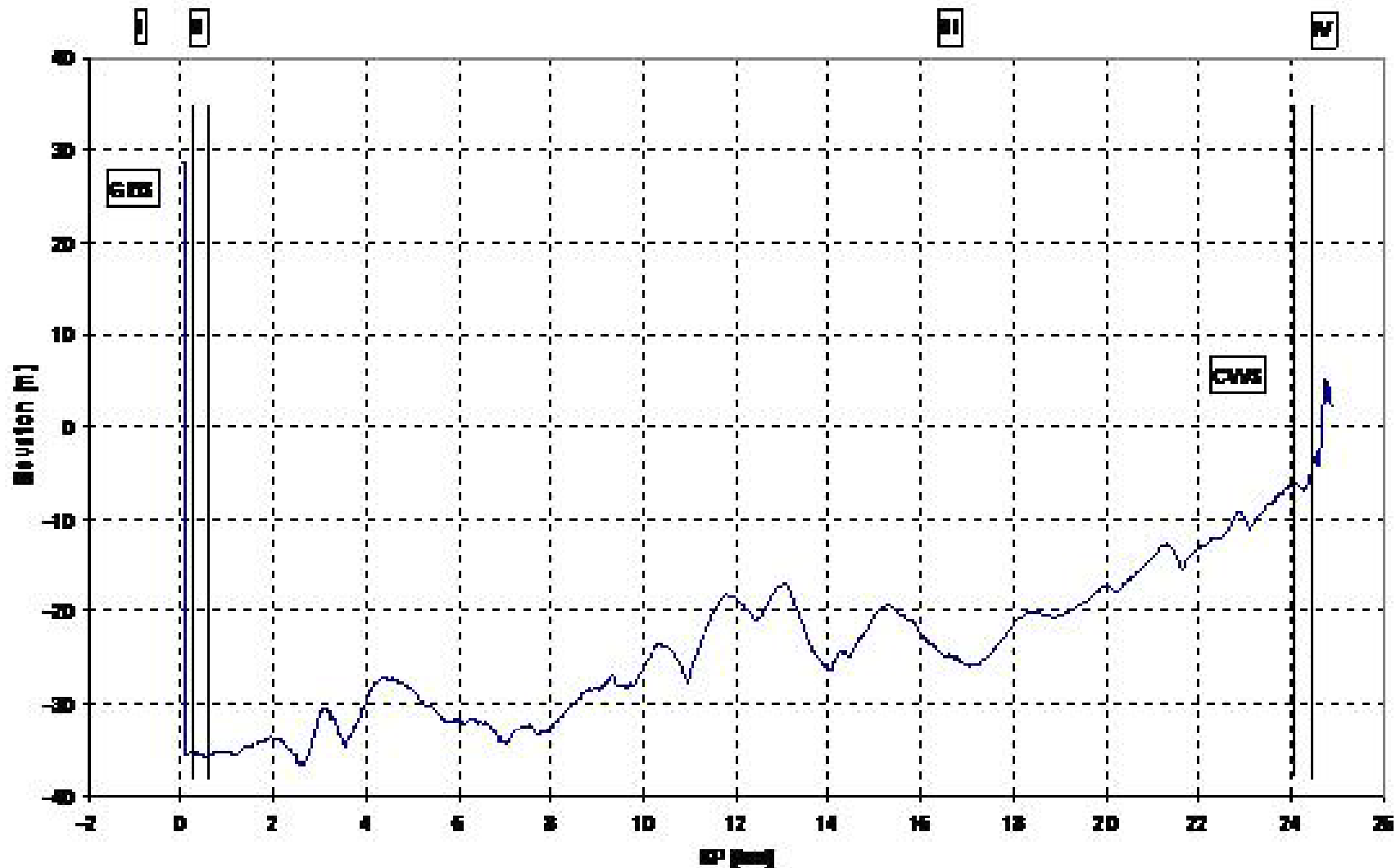
Зарубежный аналог: программный комплекс

**OLGA** для гидравлических и тепловых расчетов в нормальных условиях

# проект Сахалин-1 (Аркутун-Даги).

## Пример расчета

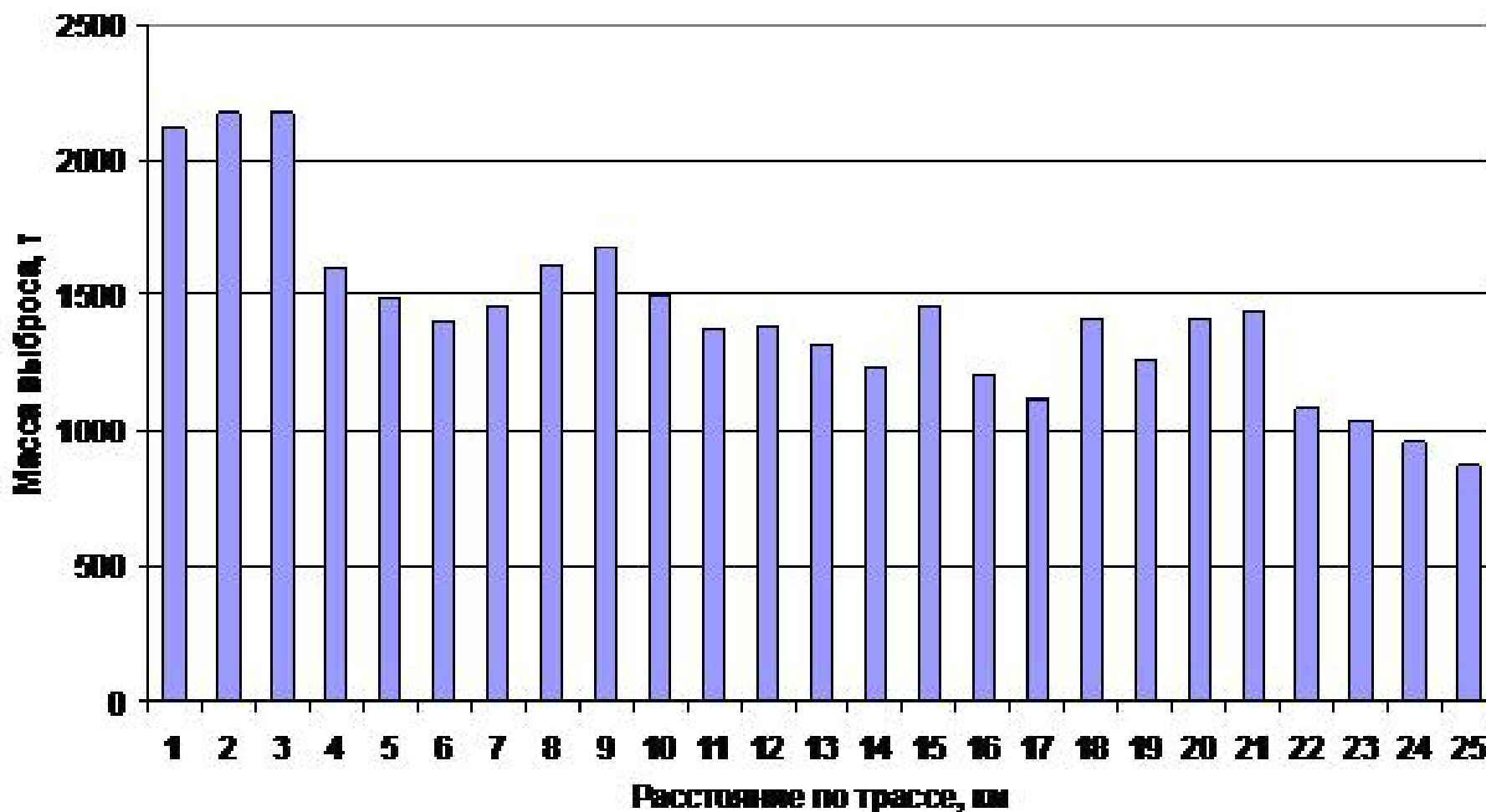
$P=80$  бар,  $D=500$  мм,  $L=25$  км; газ - 5%/(вода/нефть) - 95% масс.





# Масса выброса. Полный разрыв (жидкость + газ), $t_{обн.} = 20$ мин

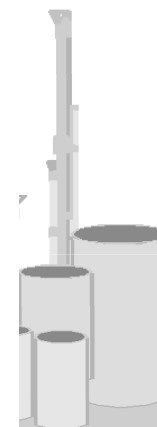
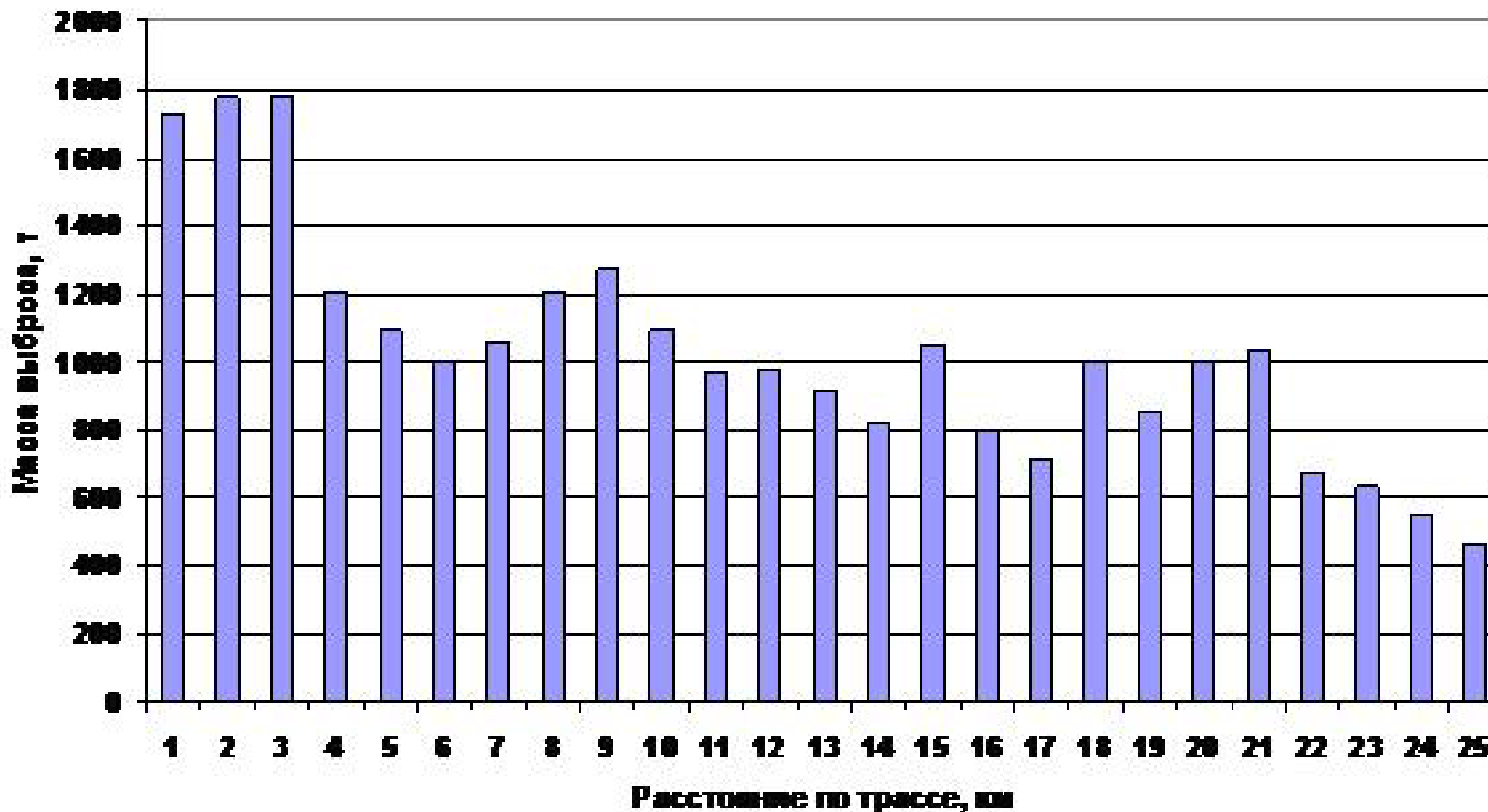
Гильотинный разрыв (жидк. + газ)





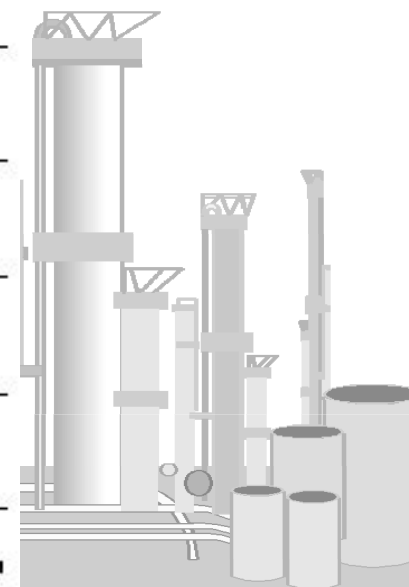
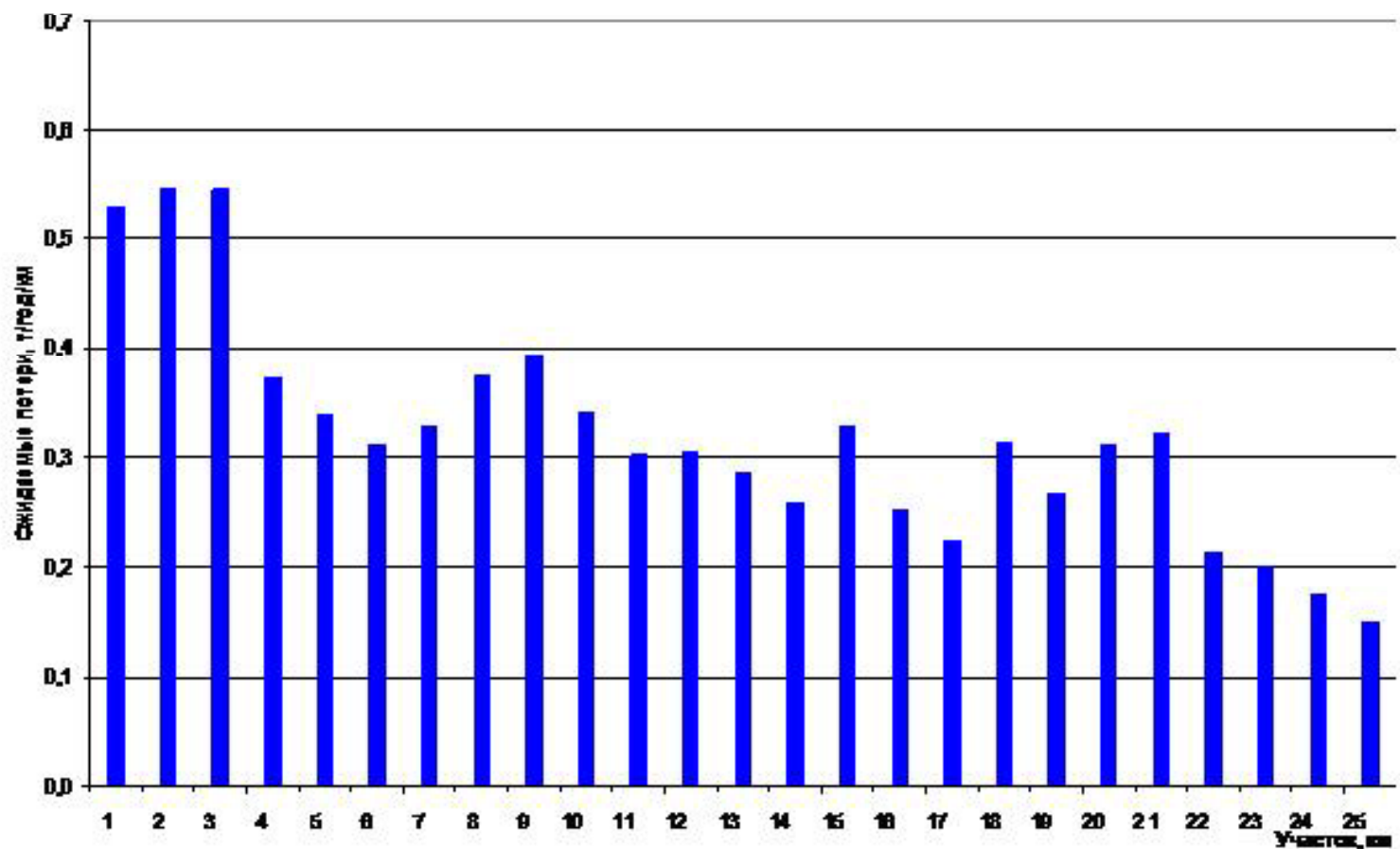
# Масса выброса. Свищ (жидкость + газ) $t_{обн.} = 6$ час

Свищ (жидк. + газ)





# Ожидаемые потери продукции скважин

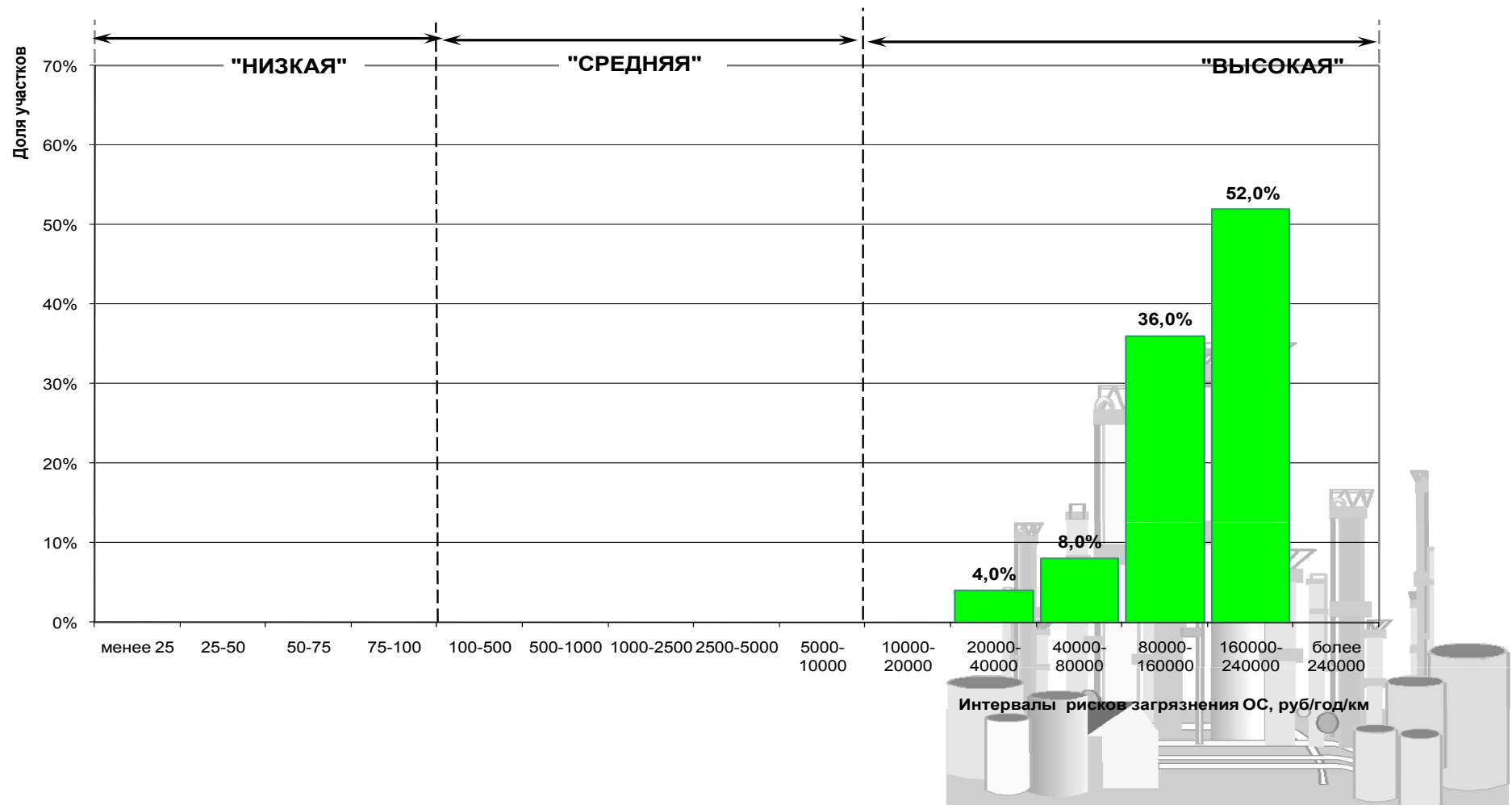


## Обобщенные показатели риска аварий на Морском трубопроводе неразделенной продукции (Сахалин-1)

<i>Наименование показателя риска</i>	<i>размерность</i>	<i>Величина</i>
Частота аварии на трассе	1/год	$7.5 \times 10^{-3}$
Частота аварии на 1000 км трассы	1/год/1000 км	0,3
Средние масса утечки продукции при аварии	т	1329 (в т.ч. 1246 жидк фазы)
Ожидаемая по трассе средняя масса утечки	т/год	9,2
Ожидаемые удельные потери продукции	т/год/1000 км	368
Индивидуальный риск гибели от аварии	1/год	$10^{-7}$
Средний размер ущерба от аварии	млн.руб.	520,2
В том числе:		
Средний размер платы за загрязнение ОС при аварии	млн.руб	519
Средние потери продукции при аварии в денежном выражении	млн.руб	1,2
Интегральный риск	тыс.руб/год	3 902
В том числе:		
Интегральный риск загрязнения окружающей среды для всей трассы	тыс.руб/год	3 893
Интегральный риск потерь продукции для всей трассы в денежном выражении	тыс.руб/год	9
Удельный риск,	тыс.руб/год/км	156,1
В том числе:		
Удельный риск загрязнения ОС	тыс.руб /год/км	155,7
Удельный риск потерь в денежном выражении	тыс.руб /год/км	0,4

# Экологический риск

Распределение суммарной длины участков трассы по показателю риска загрязнения окружающей среды



# Размер плат за загрязнение ОС

- В случае попадания жидких углеводородов

в водный объект -

**2,5 млн. руб./т.**

*В соответствии с **Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства** (утв. приказом МПР России N 87 от 13.04.2009, зарег. Минюстом России 25.5.2009 N 13989).*

- В случае аварийного выброса

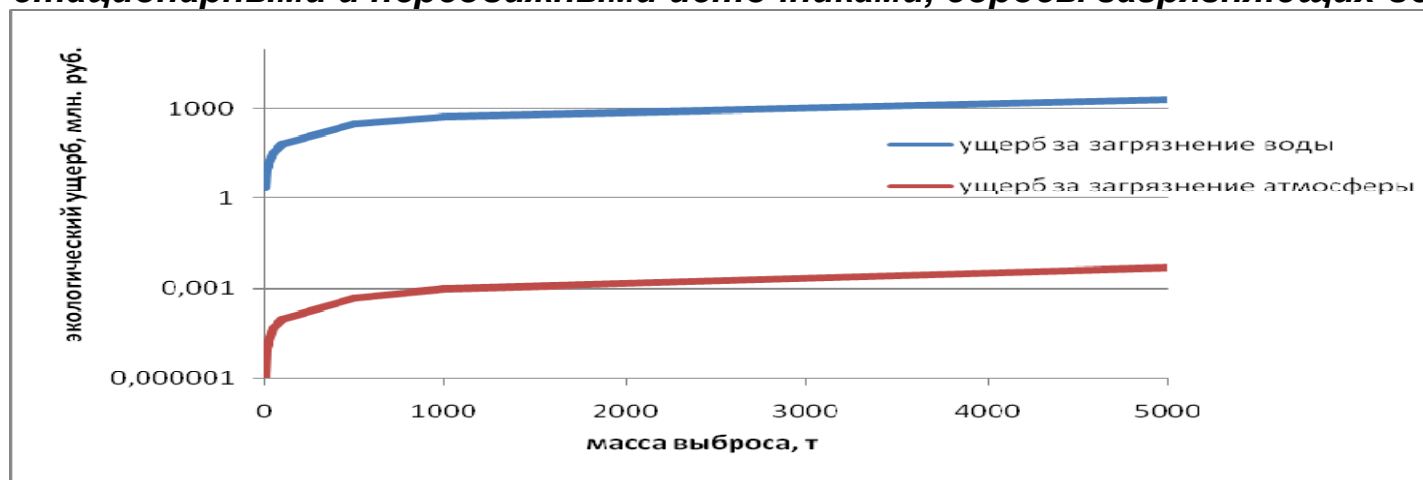
в атмосферу -

**350 руб./т. газа**

**250 руб./т. конденсата**

(в том числе при его сгорании)

*В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в*



*производства и*



## **Оценка платы за загрязнение ОС при аварийном выбросе газа-конденсата из морского трубопровода Штокмановского ГКМ (проект Тоталь)**

Протяженность подводного участка - **550 км.**

Внутренний диаметр ниток морского трубопровода - **34" (863,6 мм).**

Транспортируемый продукт - **газ-конденсат**

### **Сценарий с разрушением трубопровода и полного выброса газа-конденсата:**

Масса газа/конденсата в трубопроводе: **45 923,2 т/ 1 653 т** – максимум выброса трубопровода.

Примерно **15-20 %** может остаться в трубопроводе за счет противодействия воды, выброс составит – **1323-1405 т.**

При наличии в конденсате легкоиспаряющихся фракций – на загрязнение водной среды уйдет на **20-30 %** меньше от всего выброса.

### **Размер плат за загрязнение:**

**моря \_\_\_850-960 млн.руб.**

**атмосферного воздуха \_\_\_ 16 млн. руб., т.е. в ~ 50 раз меньше**

При незамедлительном принятии мер по ликвидации загрязнения.

### **Для сравнения:**

**экологический ущерб от аварии 20.04.10 на платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе составил бы 491 млрд. руб.=16 млрд\$!**



**О методическом обеспечении реализации  
Федерального закона № 225 от 27.07.10 г.  
«Об обязательном страховании гражданской  
ответственности владельцев опасных  
объектов за причинение вреда в результате  
аварии на опасном объекте»**

**Условия страхования зависят от результатов  
декларирования промышленной  
безопасности, количества потерпевших  $N$  и  
учета уровня безопасности**

$$R = T \times S/100$$

$$T_b = T_n \times 100 / (100 - \sigma)$$

$$T = T_b \times K_v \times K_n \times K_u$$

**10 млн. руб. <  $S$  < 6 млрд. 500 млн. руб.**

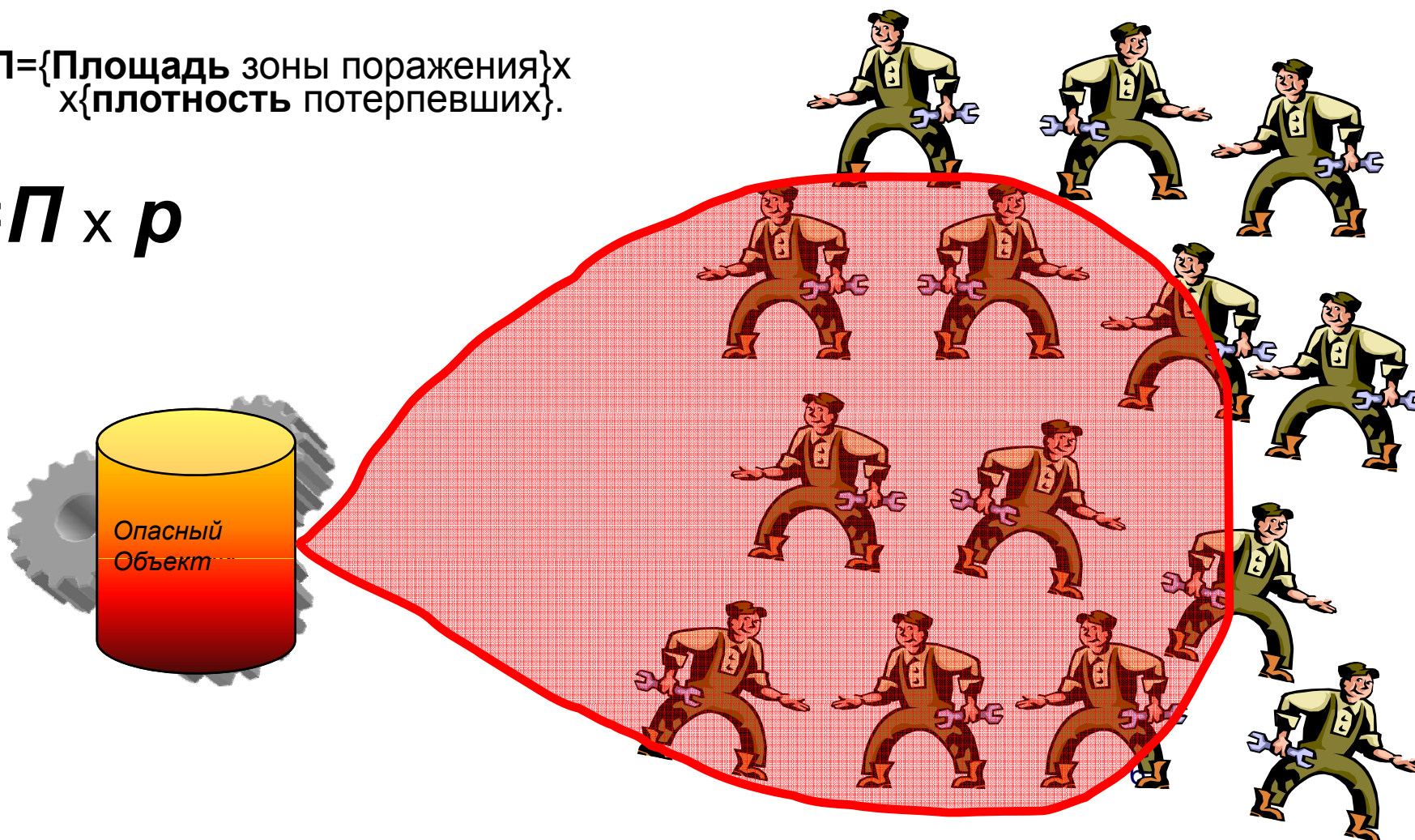
**200 тыс. руб. <  $E_i$  < 600 тыс. руб.**



# 1) Оценка кол-ва потерпевших $N$ (экспресс-методика для типовых ОО)

МВКП = {Площадь зоны поражения} x  
x {плотность потерпевших}.

$$N = \Pi \times p$$





# Обобщенный алгоритм

Правил определения N в результате аварии на ОО



## 2) Как определить N (см. ж. Безопасность труда в промышленности 2010 №9)

		Опасные объекты	Площадь максимальной зоны поражения $P$ , $m^2$	Максимально возможное количество потерпевших $N$ , чел.	Примечание	
Опасные объекты	3.3. Опасные производственные объекты магистрального трубопровода	3.8.2. Сеть газопотребления и газоснабжения, в том числе межпоселковая	—	Максимальное из числа потерпевших, располагающихся в одном газифицированном одноэтажном доме или в одном подъезде многоэтажного дома	—	
	1. Автозаправочные станции	3.5. Опасные производственные объекты нефтепродуктообеспечения				
	1.1. МТАЗС с заправок надземными резервуарами	3.5.1. Нефтебазы В зависимости от массы в единичной емкости: до 1000 т до 10 000 т более 10 000 т	3.9. Опасные производственные объекты хранения, переработки и использования растительного сырья	—	Определяется по сведениям декларации промышленной безопасности, а в случае ее отсутствия по Приложению 2 к настоящим Правилам	—
	1.2. МТАЗС с заправок резервуарами) и без резервуаров	3.6.2. Склад хлора <sup>2</sup> , площадь В зависимости от массы в единичной емкости: до 1 т от 1 до 25 т	7.1. Опасные производственные объекты металлургической промышленности	—	Определяется по сведениям декларации промышленной безопасности, а в случае ее отсутствия, как:	—
	3.1. Опасные производственные объекты, в которых хранятся, взрывчатые вещества		7.1.1. Цех коксовый	—	Число погибших (пострадавших): 5 (20)	—
	до 1 т		7.1.5. Склад бензола В зависимости от массы в единичной емкости: до 50 т до 200 т до 1000 т	2 000 8 000 30 000	Число потерпевших, попадающих в МЗП ( $N = \rho P$ )	Форма зоны поражения — круг с центром в месте расположения емкости
	до 10 т		8. Опасные производственные объекты, на которых ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях	—	В соответствии с п. 8.1–8.4	За исключением складов, пунктов изготовления и площадок взрывчатых материалов
	до 50 т		8.1. Опасные производственные объекты, на которых ведутся работы в подземных условиях шахт	—	Максимальная численность смены, ведущей работы в подземных условиях	—
	3.2.1. Участок под насосная станция, и др.	3.8.1. База хранения сжиженного газа станция газонаполнительная газонаполнительный	8.2. Опасные производственные объекты, на которых ведутся горные работы	—	Погибших (пострадавших): 5 (15)	—
	3.2.2. Парк резервуаров нефти в единичной емкости	В зависимости от массы в единичной емкости: до 5 т до 50 т до 200 т				
3.2.5. Платформа с площадкой буровой буровые суда)						

## **Развитие анализа риска аварий на ОПО связано с совершенствованием:**

- **1) системы обучения, аттестации экспертов и аккредитации организаций в области анализа риска ЕС ОС Ростехнадзора и МЧС, в том числе с учетом внедрения законодательства по страхованию опасных объектов, технического регулирования и развития системы СРО;**
- **2) нормативных методических документов (методик, стандартов, рекомендаций):**
  - **- по анализу опасностей (HAZOP/HAZID);**
  - **- количественной оценке риска для типовых опасных производственных объектов с учетом целей данной оценки (проектирование, декларирование промышленной и пожарной безопасности, страхование и т.д.), в т.ч. для расчета:**
    - **- взрывоустойчивости при внешних и внутренних взрывах,**
    - **- площадей разлива нефти/нефтепродуктов,**
    - **- экологического ущерба при загрязнении земель;**



## Развитие анализа риска аварий на ОПО связано с совершенствованием:

- 3) создание системы верификации и сертификации методик и программных средств по оценке риска;
- 4) количественных критериев допустимого пожарного риска по /ФЗ-123/, которые необходимо пересмотреть с учетом практического опыта анализа риска и мнения ведущих специалистов в этой области;
- 5) переработать, внести изменения в РД-03-14-2005, РД 03-357-00 в связи с принятием Федерального закона № 225 от 27.07.10 г. «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев опасных объектов за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».

# Спасибо за внимание

*Лисанов Михаил Вячеславович*

тел/факс **620-47-50**

[risk@safety.ru](mailto:risk@safety.ru)

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



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