В III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ И ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ»
17 - 20 февраля 2009 года, г. Уфа

Опыт применения программного обеспечения Det Norske Veritas (DNV) PHAST-SAFETI для оценки риска промышленных объектов в России

- к.ф. - м.н. Пантелеев В.А., ООО «Институт Риска и безопасности»
- Назаренко Д.И., ООО «Институт Риска и безопасности»
- Мельников А.В., ООО «ВНИИГАЗ»
- к.т.н. Бодриков О.В., ООО "Газпромэнергодиагностика"

Программное обеспечение DNV для анализа и управления рисками

- DNV – Pro - HAZOP, идентификация рисков
- DUST EXPERT - экспертная система по оценки риска от взрывоопасных пылей
- DNV Leak - оценка частоты течей оборудования и трубопроводов
- RiskSpectrum - деревья событий и отказов
- ORBIT - аудит безопасности, качественная оценка риска, идентификация рисков
- **PHAST - анализ последствий аварий**
- **SAFETI - количественная оценка риска**
- **PHAST$ - финансовый анализ последствий аварий**
- **SAFETI$ - количественная оценка финансового риска**

Пользователи PHAST и SAFETI

PHAST - 450 SAFETI - 150

- Government of Queensland Chem. Unit (AUSTRALIA)
- European Commission – Joint Research Centre (ITALY)
- Amoco Corporation (USA)
- Dow Chemicals (USA)
- Dupont Corporation (USA)
- Exxon-Mobil (USA)
- **Shell (UK)**
- **British Petroleum (UK)**
- **DCMR - Environmental Control Agency (NETHERLANDS)**

Проект ТАСИС «Содействие Министерству по чрезвычайным ситуациям в области предупреждения и ликвидации аварий» 2000-2001 г. FINRUS 9806

- **ООО «Институт риска и безопасности» (SAFETI)**
- **ВНИИГОЧС (SAFETI)**
- **ТЦМП ГУ ЧС по Курской области (PHAST)**

- **В 2006 году PHAST приобретен инжиниринговой фирмой ООО «ПетерГАЗ»**
- **В 2008 году SAFETI приобретен ВНИИГАЗ**

Программное обеспечение в области оценка риска и последствий

Фирма	Программа	Возможности			Цена тыс. долл. США (ориент.)
		Расчет последствий	Расчет риска	Комментарии	
DNV, , Великобритания	“PHAST”	ДА	НЕТ	Оба пакета “Micro” (упрощенная версия) и “Professional” (полная версия), широкий спектр аварий, современные модели, мировое признание	7-15
	“SAFETI”	**ДА**	**ДА**		40 - 50
TNO, Нидерланды	“EFFECTS”	НЕТ	НЕТ	Согласно "Желтой книги", широкий спектр аварий, современные модели, мировое признание	4.5
	“DAMAGE”	ДА	НЕТ	Согласно "Зеленой книги", широкий спектр аварий, современные модели, мировое признание	1
	“RISK CURVES”	**ДА**	**ДА**	широкий спектр аварий, мировое признание, современные модели	40
SHELL (marketed by EnvirosUK)	“FRED” (включая Pipa)	ДА	НЕТ	Пожаро- взрывоопасность, современные модели	9
	“PIPA”	ДА	НЕТ	Пожаро- взрывоопасность, современные модели	5
	“LPG Lite”	ДА	ДА	Только для СУГ	8
	PROCESS RISK TOOL	**ДА**	**ДА**	Пожаро- взрывоопасность	нет данных
Artur D. Little, США	SUPERSHEMS	ДА	НЕТ	широкий спектр аварий	
SAFER System L.L.C., США	TRACE	ДА	НЕТ	широкий спектр аварий	
PLG Inc., США	RISKMAN	НЕТ	НЕТ	анализ деревьев событий и отказов (подготовка исходных данных для QCRR)	30 000
	QCRR (Quantitative Chemical Release Risk)	**ДА**	**ДА**	широкий спектр аварий	
RISK, США	LFGRISK	ДА	НЕТ	анализ опасности СУГ	2000
	DEGATEC	НЕТ	НЕТ	распространение тяжелых газов	1000
	XPLOSION	НЕТ	НЕТ	Взрывы, BLEVE	650
EPA, США	ALOHA	ДА	НЕТ	Оценка токсических выбросов	300

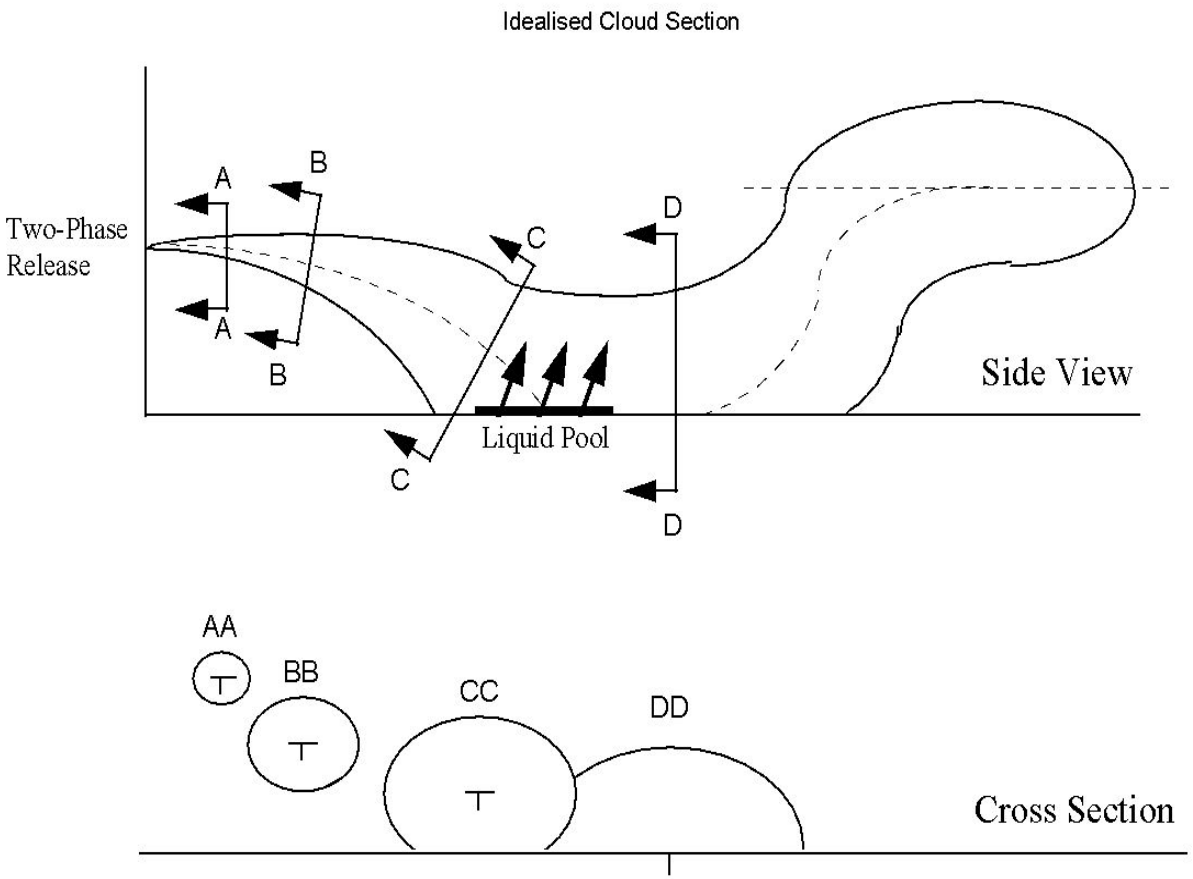
Тендер ТАСИС

SAFETI (DNV, EU),

RISKCURVE (TNO, Нидерланды)

PROCESS RISK TOOL (Shell, Великобритания).

Универсальная модель атмосферной дисперсии (UDM)



Экспериментальная верификация UDM

- ***Prairie Grass*** – невесомая примесь, плоская поверхность, различная стабильность атмосферы.
- ***Desert Tortoise*** – жидкий аммиак, двухфазное истечение из трубы, выпадение капель на землю.
- ***EEC*** – истечение жидкого пропана, двухфазный аэрозоль.
- ***FLADIS*** – дисперсия аммиачного эарозоля.
- ***Goldfish*** – дисперсия двухфазного аэрозоля HF.
- ***Burro*** – испарение и дисперсия пролива LNG на твердой поверхности.
- ***Maplin Sands*** - испарение и дисперсия пролива LNG на поверхности моря.
- ***Thorney Island*** – дисперсия фреонов.

Основные возможности PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools)

- **широкий спектр исходных аварийных событий: катастрофический разрыв корпуса, течь, обрыв коротких и длинных трубопроводов, работа предохранительных клапанов и мембран, проливы, выброс в здании с естественной и принудительной вентиляцией**
- **широкий спектр опасных воздействий: взрывы ТВС, BLEVE, пожар вспышка, огненная струя, пожар пролива, токсическое воздействие**
- **универсальная модель распространения примеси в атмосфере (UDM) - позволяет учитывать большое число явлений: нестационарный характер истечения и распространения, особенности распространения тяжелого и легкого газа, теплообмен с окружающей средой, в том числе и двухфазной примеси, кинетическую энергию истечения**
- **Встроенная база данных веществ, возможность введения новых веществ и смесей**
- **Возможность выбора моделей частных явления (огненная струя – API, SHELL, взрыв ТВС – TNT, Baker Strehlow, Multi-Energy**

Ufa2009-PHAST* - Phast 6.53

File Edit View Insert Run Options Window Help

Study Folder

- Ufa2009-PHAST
  - Example Cases
    - a-test-Butadien
      - Butadiene Rupture
      - Butadiene Liquid Leak
        - Case List
          - Base Case
          - 60 s
          - 120 s
          - 180 s
          - 240 s
          - 300 s
          - 600 s
          - 1200 s
      - time
        - Butadiene Liquid Leak
    - a-test-Clorine
      - Chlorine Rupture
      - Chlorine Liquid Leak
        - Case List
      - angle change
      - time
        - Chlorine Liquid Leak
    - Building Wake Model
    - Explosions
    - Flammable
      - Pool Fire
      - Fireball
      - Jet Fire
    - Long Pipeline Model

Mo... Ile... Par... Mat... Map

Vessel/Pipe : Butadiene Rupture

Vessel | Location | Geometry | Bund Data | Indoor/Outdoor | Flammable | To

Explosion Method
- (•) TNT
- ( ) TNO Multi-Energy
- ( ) Baker-Strehlow

Jet Fire Method
- ( ) API
- (•) Shell

Early Explosion Mass Modification Factor: 3

[ ] Use Late Ignition Location ____ m

Notes:

This case models an instantaneous release of the entire vessel inventory. The Catastrophic Rupture scenario is designed to model an incident in which the vessel is destroyed by an impact, a crack, or some other failure which

OK | Отмена | Справка

Log

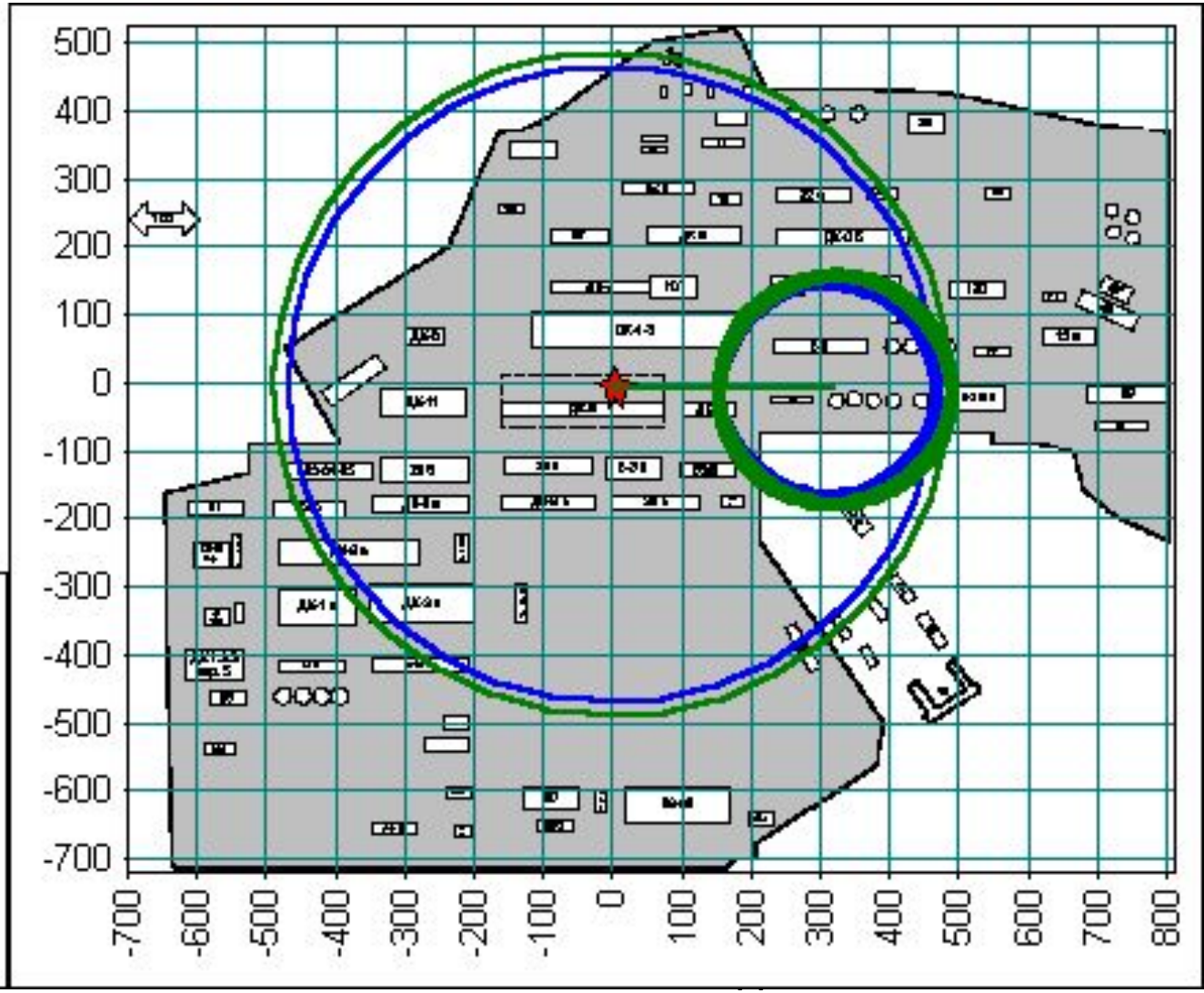
Message Log | Output

For Help, press F1

Пуск | Ufa2009* - Ph... | Total Commande... | Microsoft Power... | bob_rsi@mail.ru:... | Загрузки | Online-перевод... | Microsoft Excel - ... | Doklad_UFA2009... | 12:35

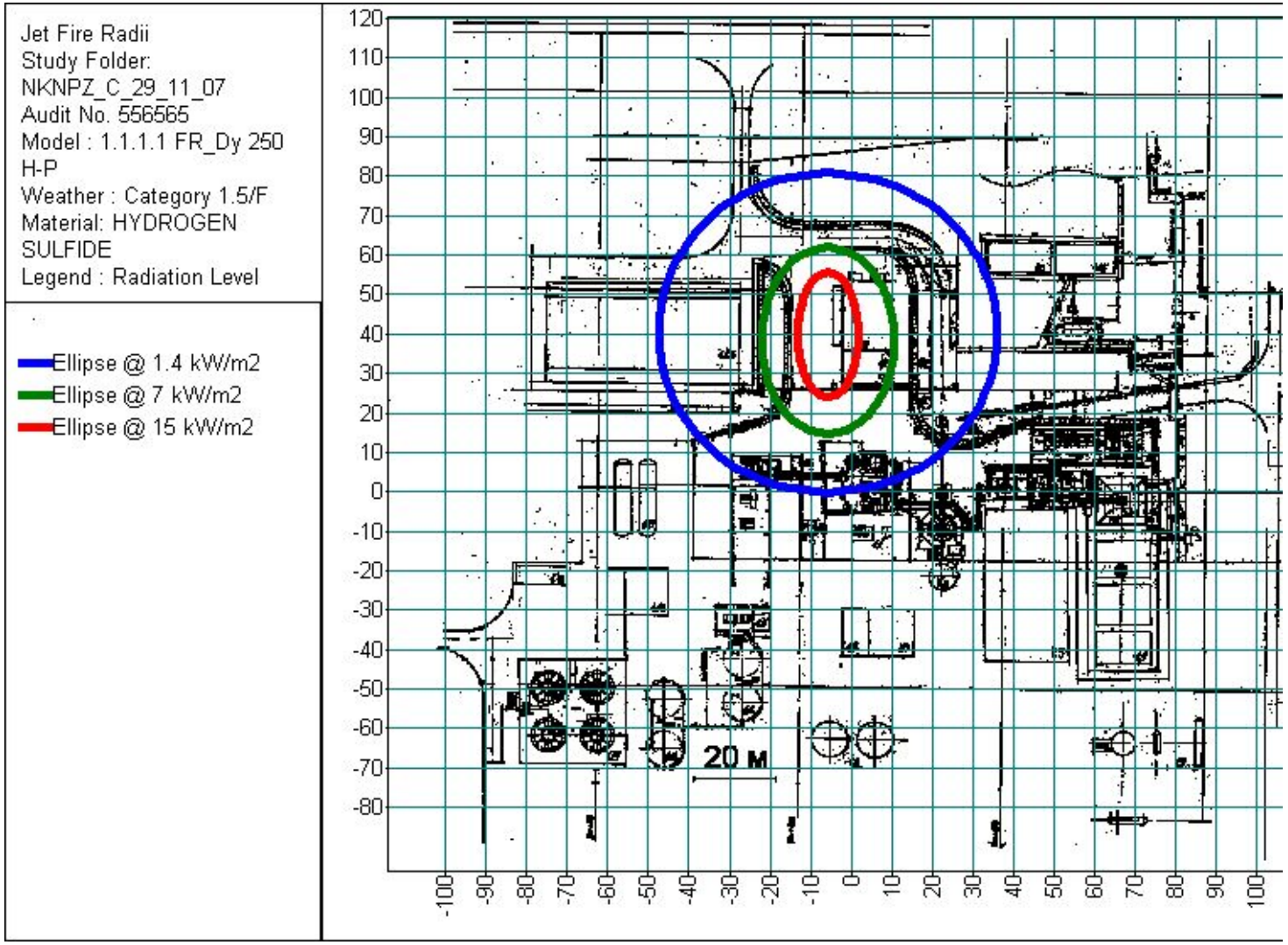
Пример оценки величины зоны поражения при дрейфе облака ПГФ, Бутадиен, *ЗСК

Audit No. 18002
Model : 5.3 Vessel Source
Material: 1,3-BUTADIENE
Worst Cases @ 0.14 bar
Weathers

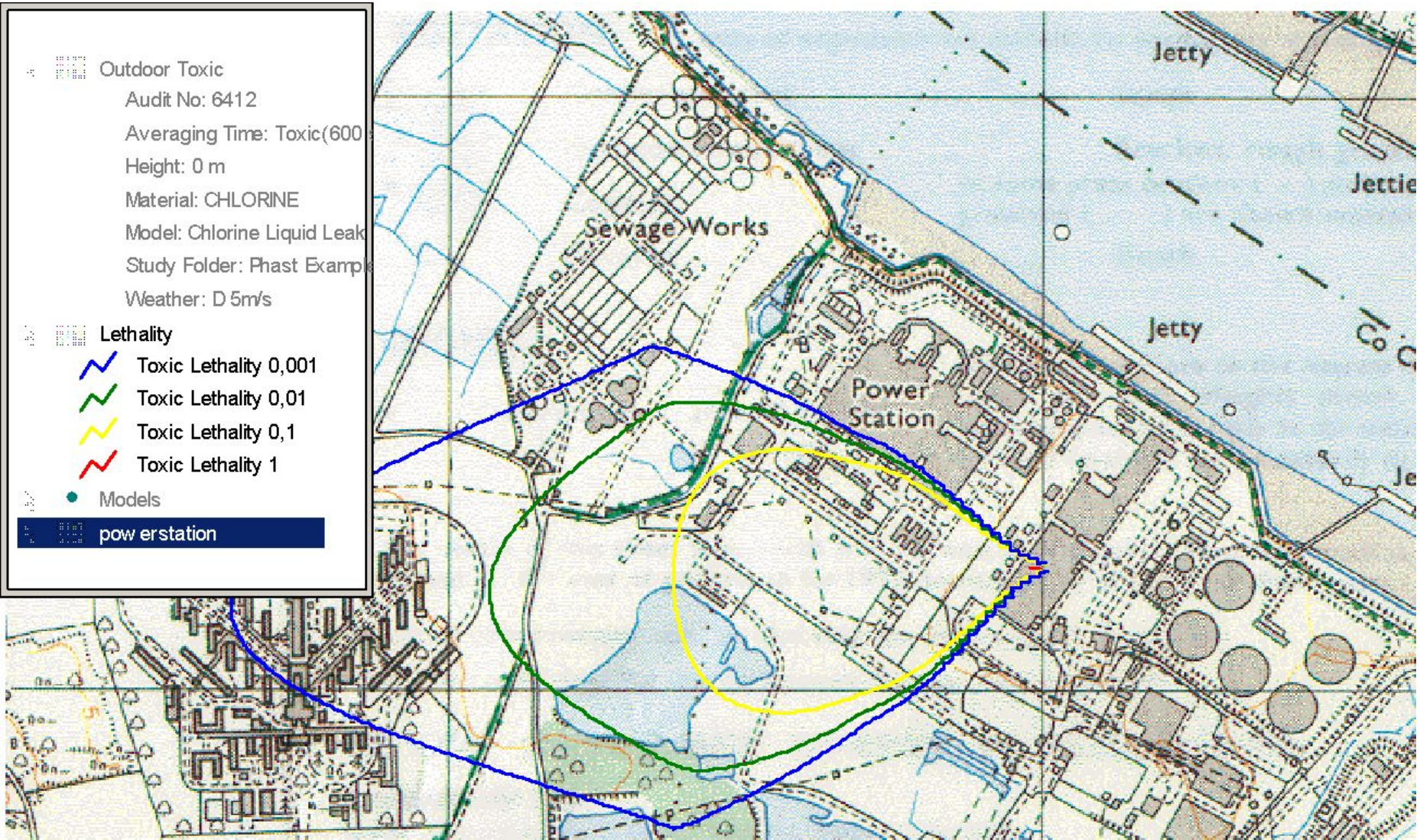


Origin
Radius
Category 1/F Effect Zone
Category 1/F Drift Line
Radius
Category 3/D Effect Zone
Category 3/D Drift Line

Пример оценки величины зоны поражения от огненной струи



Пример оценки величины зоны токсического поражения, 40 т, Хлор



Основные возможности SAFETI

- Построение полей территориального риска
- Построение вероятных кривых потерь (F-N кривых)
- Величина территориального риска и вклады сценариев в фиксированных точках
- Величина коллективного риска и вклады сценариев
- Распределение населения в окрестностях объекта
- Ранжирование сценариев по вкладу в коллективных риск
- Учет распределения источников зажигания
- Учет вероятности реализации сочетания погодных условиях
- Гибкая система построения задачи позволяющая проводить анализ, вкладов в риски сценариев, установок, времени суток, контингентов рискующих

Ufa2009-safeti* - Phast Risk 6.53 - Map

File Edit View Insert Run Options Window Help

Consequence & Risk

Row 1200

Study Folder

- Ufa2009-safeti
  - Run Rows
    - FR
    - 300
    - 600
    - 1200

Map

Legend

0,0 1,2 2,4 km

Editing all Run Rows

Use this dialog to adjust the properties of your Run Rows. To add, delete and sort Run Rows use the main Run Row Tree browser.

	Name	Run	Models	Weathers	Parameters	Materials
1	FR	☑	FR	Global Weathers	Global Parameter	Materials
2	300	☑	300	Global Weathers	Global Parameter	Materials
3	600	☑	600	Global Weathers	Global Parameter	Materials
4	1200	☑	1200	Global Weathers	Global Parameter	Materials

Default
FR
300
600
1200

Consequence | Risk | Offset | Factc

- Example Cases
  - a-test-Butadien
  - a-test-Clorine
    - Chlorine Rupture
    - Chlorine Liquid L...
      - Case List
        - Base Case
        - 60 s
        - 120 s
        - 180 s
        - 240 s
        - 300 s
        - 600 s
        - ☑ 1200 s
  - angle change
  - time

1200 | Global Weathers

Select all Run Rows for calculation

Selected RRP Set: Risk Ranking Point Set

Clear all calculation selections

Surface Types defaulted

Manage Model Selections

OK | Cancel | Help

Log

```
17:13:08 All data saved on file C:\QRA\Uf
17:14:13 Ignition for row FR has changed
17:14:13 Ignition for row 300 has changed
17:14:13 Ignition for row 600 has changed
17:14:13 Ignition for row 1200 has changed
17:14:18 Saving data to file C:\QRA\Ufa2009\Ufa2009-safeti.PSU ...
17:14:18 All data saved on file C:\QRA\Ufa2009\Ufa2009-safeti.PSU
```

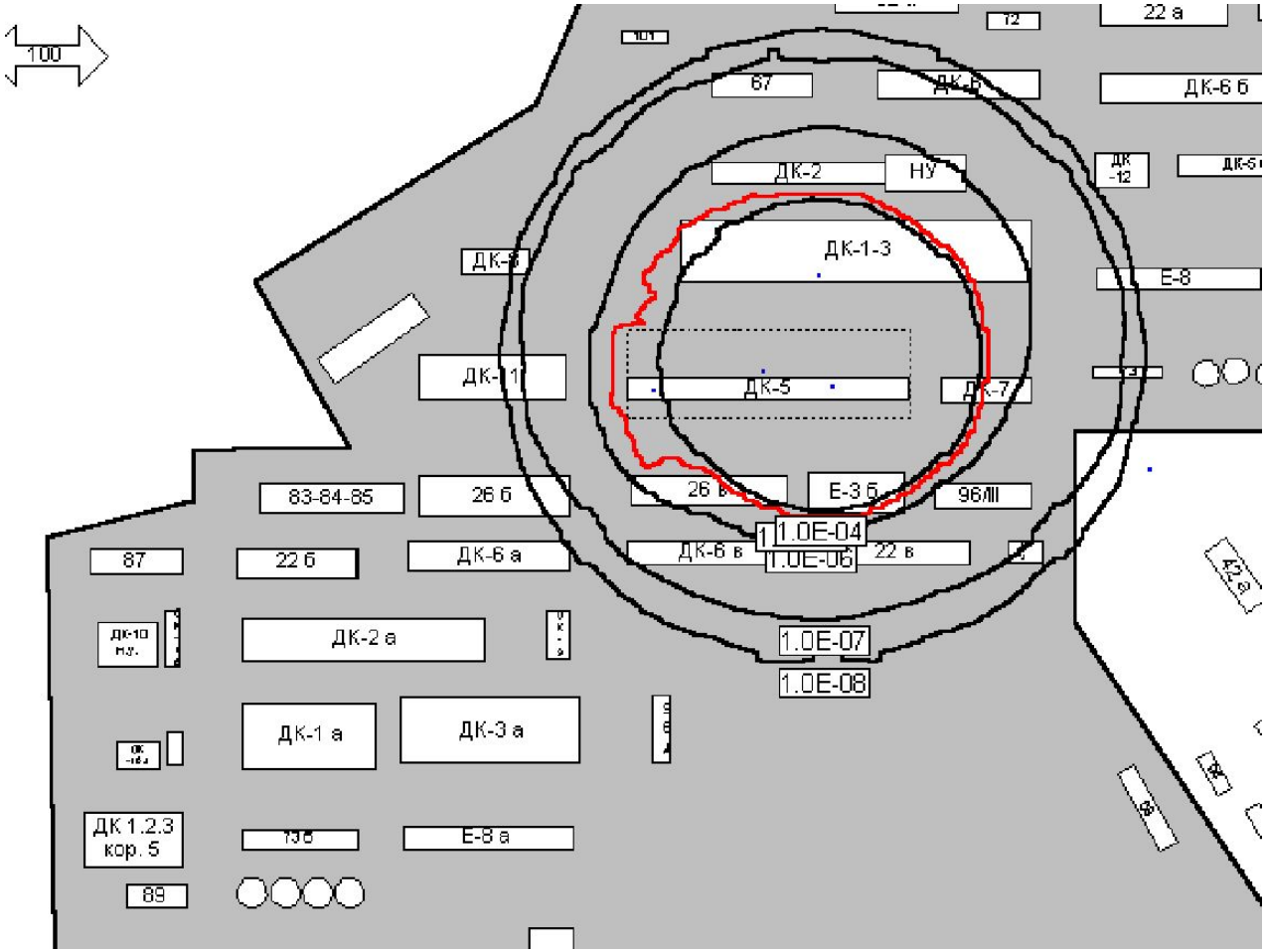
Message Log | Output

For Help, press F1

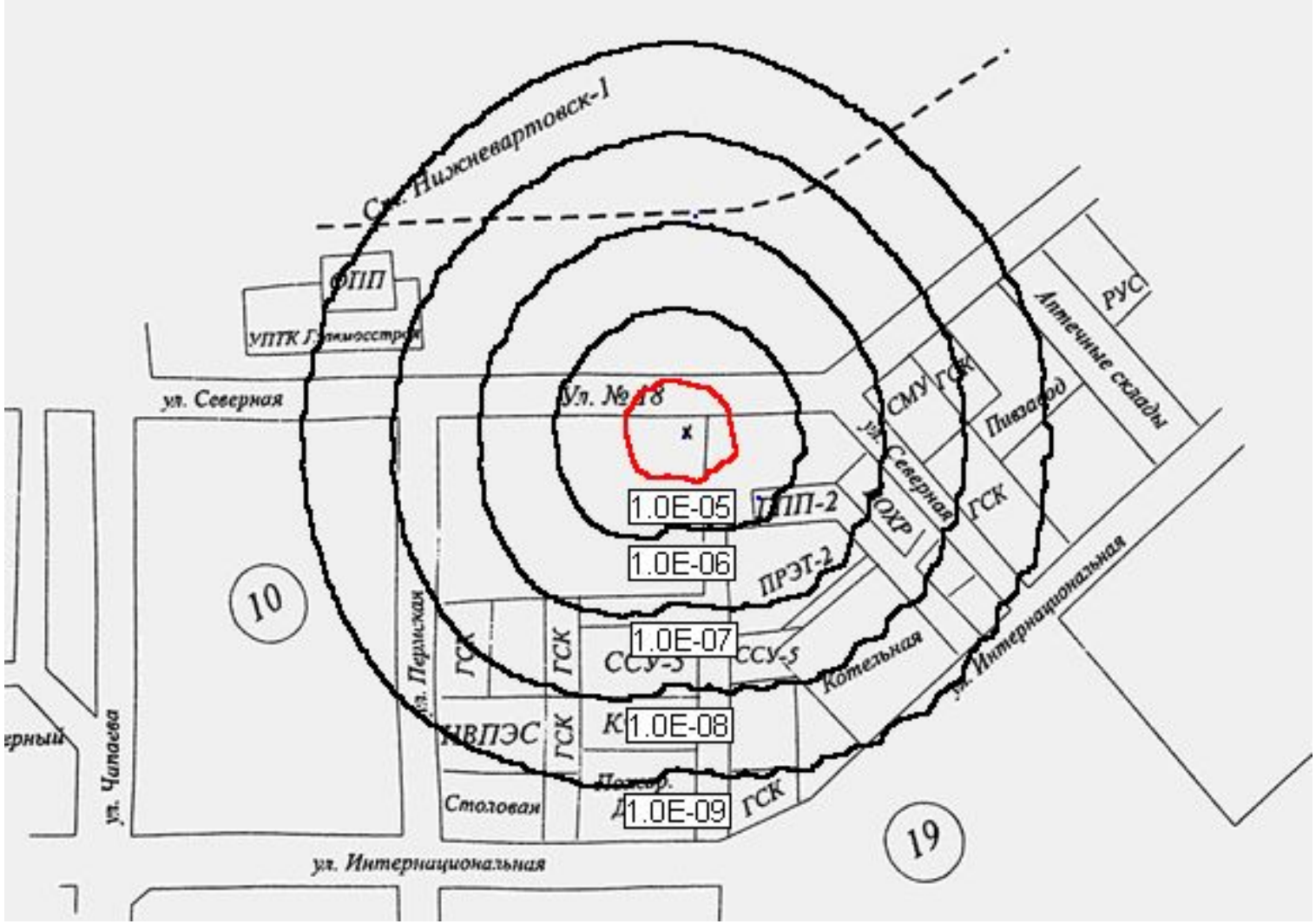
Пуск | Microsoft PowerPoint - [... | Ufa2009-safeti* - Pha... | EN | 17:17

Изолинии территориального риска

Установка очистки бутадиена



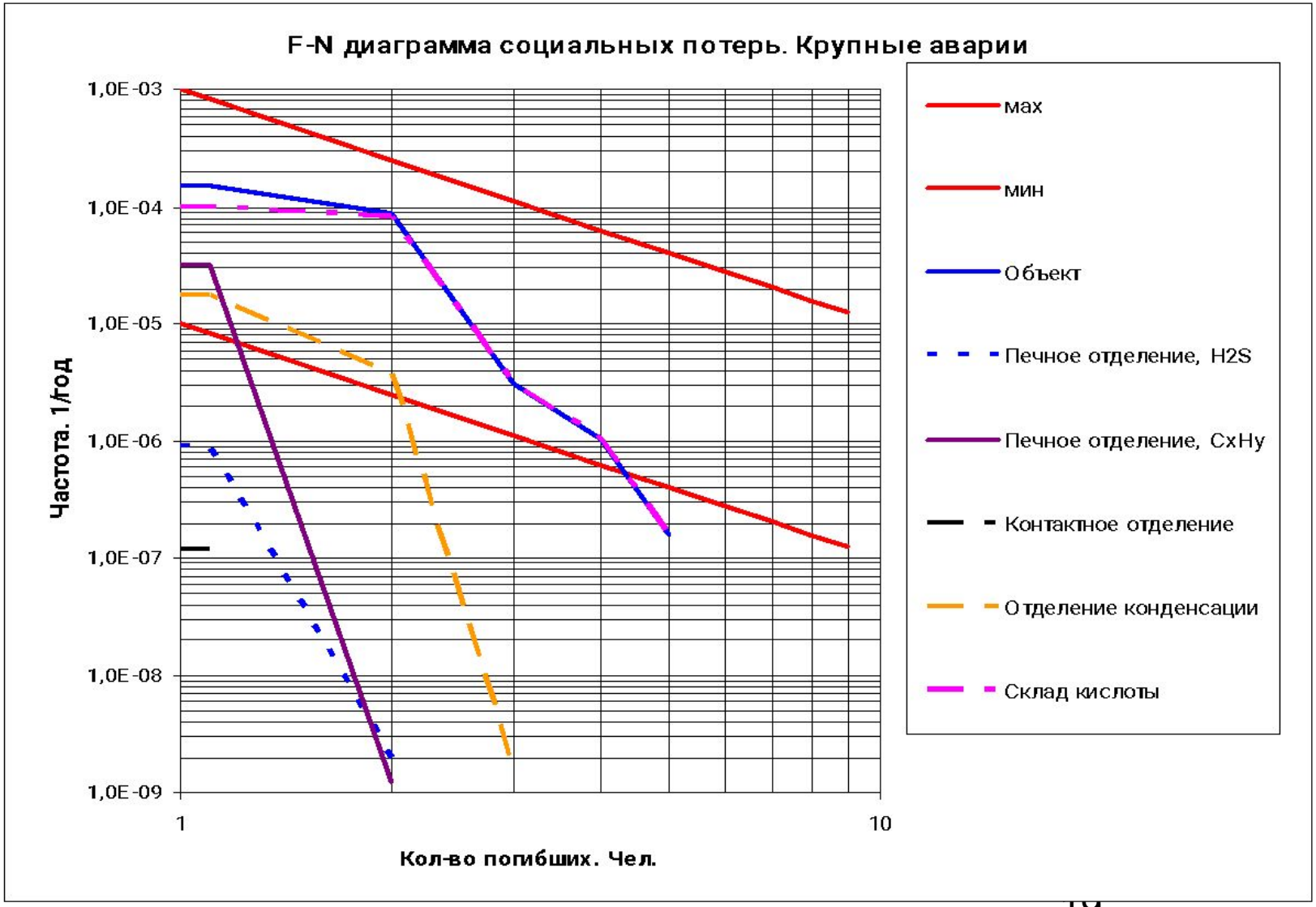
Изолинии территориального риска, Водоканал ВОС



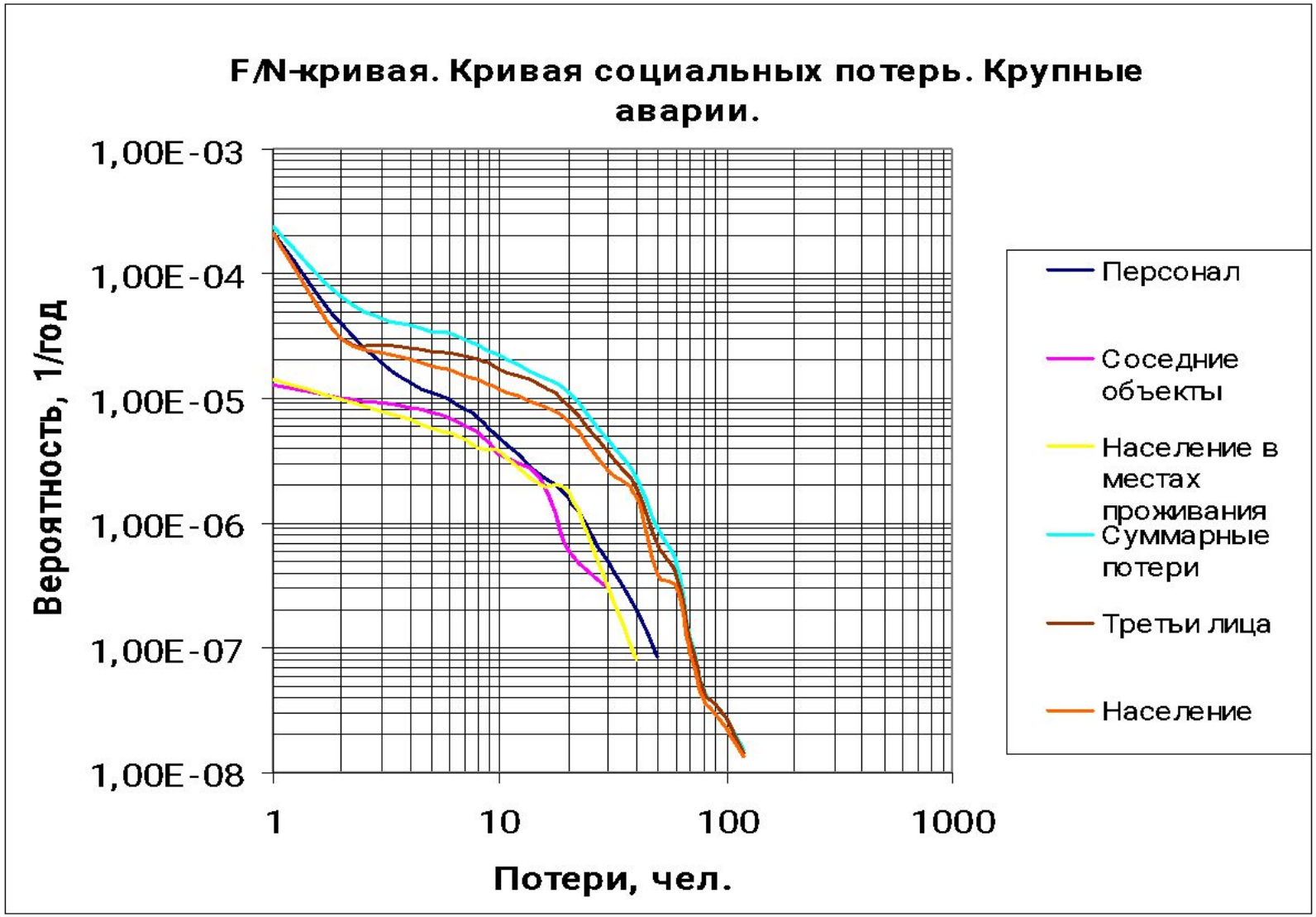
Изолинии территориального риска Установка утилизации сероводорода.

Пример F-N кривой,

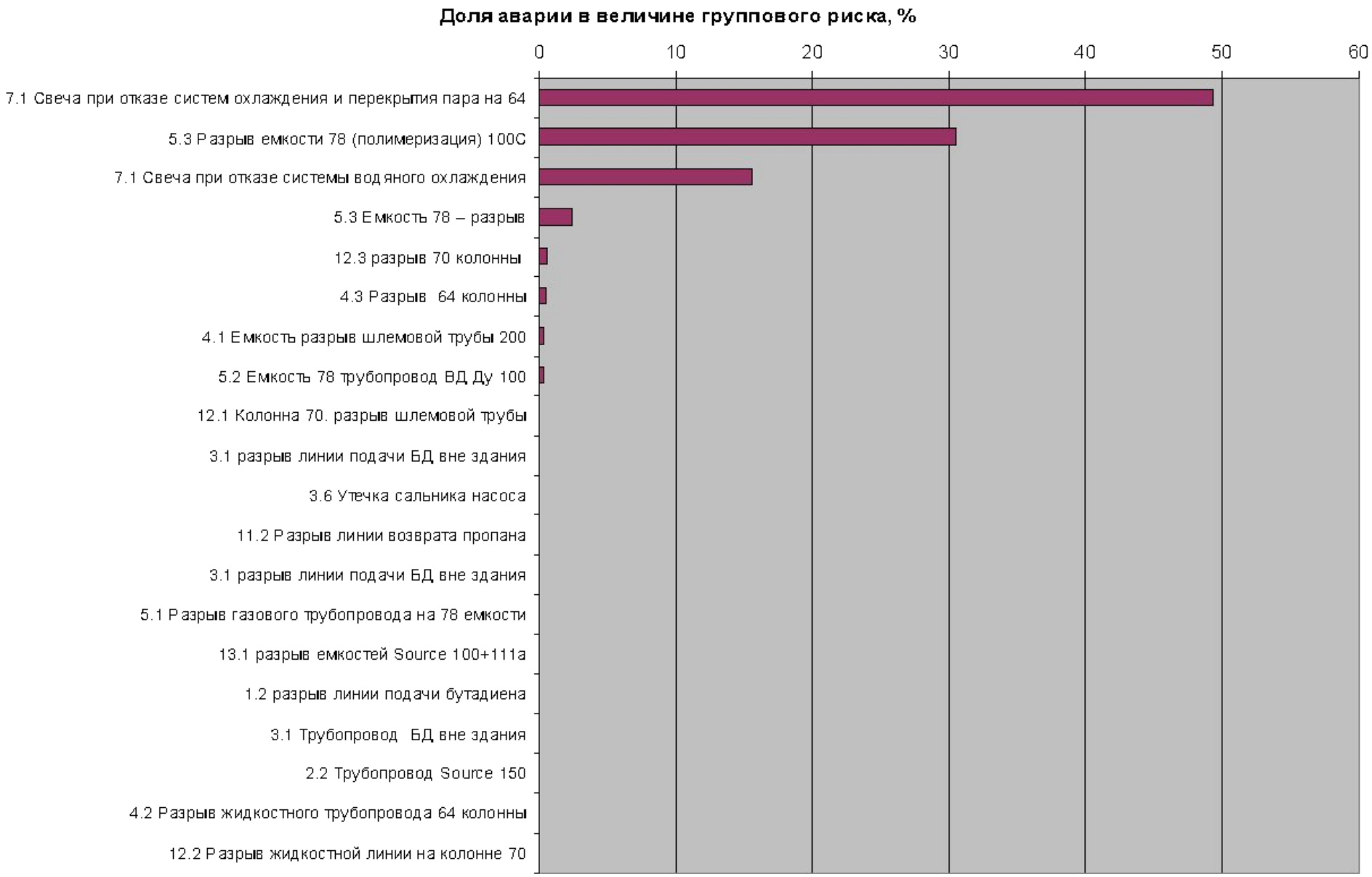
Установка по производству серной кислоты



Пример F-N кривой, аммиачный холодильник



Вклады сценариев в величину социального риска



Пример таблицы вкладов сценариев в величину коллективного риска

№ п/п	Список сценариев		Вероятность смерти в год	Вклад, %	Среднее число погибших, на аварию	Вероятность числа погибших в год-0-1	Вероятность числа погибших в год-1-10	Вероятность числа погибших в год-10-100
1	5.1.	Полный разрыв Г ОГ-4,5	3.57*10-5	13.7	1.78	7.52*10-6	1.16*10-5	0
2	4.1.	Полный разрыв Г С-3	3.44*10-5	13.2	1.72	4.08*10-6	1.14*10-5	0
3	1.1.	Полный разрыв С-1-3 Г	1.44*10-5	5.5	1.44	1.59*10-6	3.97*10-6	0
4	2.1.	Полный разрыв Г ГС-3	1.42*10-5	5.5	1.42	1.53*10-6	3.97*10-6	0
5	5.1.	Полный разрыв Ж ОГ-4,6	1.34*10-5	5.1	6.68*10-1	0	6.83*10-6	0
6	1.1.	Полный разрыв С-1-2 Г	1.26*10-5	4.8	1.26	1.87*10-10	3.00*10-6	0
7	2.1.	Полный разрыв Г ГС-2	1.23*10-5	4.7	1.23	1.86*10-10	3.00*10-6	0
8	3.1.	Полный разрыв Г ОГ-1	1.07*10-5	4.1	1.07	1.13*10-10	3.00*10-6	3.71*10-12
9	1.1.	Полный разрыв С-1-1 Г	1.07*10-5	4.1	1.07	1.12*10-10	3.00*10-6	2.10*10-12
10	2.1.	Полный разрыв Г ГС-1	1.06*10-5	4.1	1.06	1.09*10-10	3.00*10-6	1.85*10-12
11	3.1.	Полный разрыв Г ОГ-2	1.06*10-5	4.1	1.06	1.05*10-10	3.00*10-6	0
12	3.1.	Полный разрыв Г ОГ-3	1.03*10-5	3.9	1.03	1.25*10-6	3.31*10-6	0
13	3.5.	Течь 25 мм по ЖФ ОГ-3	8.90*10-6	3.4	8.99*10-2	3.98*10-5	0	0
14	7.2.	Течь 25 мм	6.49*10-6	2.5	3.09*10-2	5.40*10-5	0	0
15	3.5.	Течь 25 мм по ЖФ ОГ-2	5.51*10-6	2.1	5.57*10-2	2.00*10-5	0	0
16	3.5.	Течь 25 мм по ЖФ ОГ-1	5.13*10-6	2	5.18*10-2	1.92*10-5	6.18*10-7	0
17	3.1.	Полный разрыв Ж ОГ-3	3.65*10-6	1.4	3.65*10-1	2.64*10-6	8.83*10-7	0
18	5.7.	Отрыв эмульсионного трубопровода	3.26*10-6	1.3	1.09	1.06*10-6	1.63*10-6	0

Пример таблицы вкладов сценариев в величину индивидуального риска в характерных точках

№ п/п		Авария	Отстойники 4,5			АБК			Столовая			Лаборатория ДНС-32		
			Величина риска	Вклад, %	Величина риска на аварию	Величина риска	Вклад, %	Величина риска	Величина риска на аварию	Вклад, %	Величина риска на аварию	Величина риска	Вклад, %	Величина риска на аварию
1	3.1.	Полный разрыв Г ОГ-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.1.	Полный разрыв С-1-1 Г	3.49*10-7	0.4	3.49*10-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2.1.	Полный разрыв Г ГС-1	2.40*10-7	0.3	2.40*10-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3.5.	Течь 25 мм по ЖФ ОГ-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1.6.	Течь 25 мм по ЖФ С-1-1 Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4.7.	Отрыв жидкостного трубопровода С-3 Н	8.41*10-7	1.1	4.67*10-1	5.92*10-8	34.1	3.29*10-2	0	0	0	0	0	0
7	1.7.	Отрыв жидкостного трубопровода С-1-1 Н	2.44*10-8	0	8.13*10-2	7.79*10-10	0.4	2.60*10-3	1.25*10-10	0.2	4.16*10-4	1.03*10-8	9.4	3.43*10-2
8	1.5.	Отрыв газового трубопровода С-1-1 Н	3.17*10-8	0	5.28*10-2	3.13*10-8	18.1	5.22*10-2	1.58*10-8	28.8	2.63*10-2	1.65*10-8	15	2.75*10-2
9	2.5.	Отрыв газового трубопровода ГС-1 Н	3.17*10-8	0	5.28*10-2	3.13*10-8	18.1	5.22*10-2	1.58*10-8	28.8	2.63*10-2	1.65*10-8	15	2.75*10-2
10	1.5.	Отрыв газового трубопровода С-1-2 Н	4.31*10-8	0.1	7.19*10-2	1.59*10-8	9.2	2.65*10-2	8.86*10-9	16.2	1.48*10-2	1.46*10-8	13.3	2.43*10-2
11	2.5.	Отрыв газового трубопровода ГС-2 Н	3.89*10-8	0	6.49*10-2	1.58*10-8	9.1	2.64*10-2	7.66*10-9	14	1.28*10-2	1.03*10-8	9.3	1.71*10-2
12	1.5.	Отрыв газового трубопровода С-1-3 Н	1.62*10-8	0	2.70*10-2	6.31*10-9	3.6	1.05*10-2	0	0	0	1.27*10-10	0.1	2.12*10-4
13	2.5.	Отрыв газового трубопровода ГС-3 Н	1.73*10-8	0	2.88*10-2	4.10*10-9	2.4	6.83*10-3	0	0	0	3.92*10-12	0	6.54*10-6

PHAST- Financial - позволяет оценить экономические последствия аварий.

SAFETI- Financial – позволяет оценить вероятностные характеристики экономических рисков, в том числе ожидаемые потери и F-G кривые как вероятность аварий с масштабами последствий больше заданного.

В России не используется.

PHAST-SAFETI
как программный продукт

- **Развитие программного продукта с 2002 г.**
  - возможность использования ГИС
  - адаптация под новые операционные системы (2009 год адаптация к Виста)
  - пожар склада с пестицидами
  - разработка финансовых модулей PHAST$ и SAFETI$
  - протяженные линейные источники
  - ввод и вывод в табличном виде из MS-EXEL
  - модуль для работы со сложными смесями веществ
  - ударные волны от BLEVE
  -

- **Горячая линия поддержки пользователей**

- **Регулярные тренинги и семинары**

- **Возможность тестового использования на 1 месяц**

- **Отчеты по верификации, развитый HELP и большое количество технической документации описывающей методики, модели и алгоритмы (1700 стр.).**

Иностранная программа, методика это

«Черный ящик»

Примеры технической документации

- UDM (Unified Dispersion Model) Theory Document - 144 стр.
- UDM (Unified Dispersion Model) Verification Manual - 198 стр.
- UDM Validation Document - 107 стр.
- UDM (Unified Dispersion Model) Thermodynamic Theory Document - 38 стр.
- Validation of the Unified Dispersion Model Against Kit Fox Field Data – 62 стр.
- UDM (Unified Dispersion Model) Thermodynamic Verification Manual - 67 стр.
- Droplet Size Theory Document - 79 стр.
- BLBL (BLEVE Blast model) Theory Document - 20 стр.
- ATEX (Atmospheric expansion model) Theory Document Oct 2005 DNV Software - 18 стр.
- DISC (Discharge model) Theory Document - 49 стр.
- GSPP (Gas pipeline model) Theory Document – 88 стр.
- PBRK (pipe break model) Theory Document (Long pipe model) - 69 стр.
- TARC (Tank Roof Collapse Model) Theory Document - 22 стр.
- A unified model for jet, heavy and passive dispersion including droplet rainout and re-evaporation – 24 стр.
- BLEVE (Fireball) Theory Document – 23 стр.
- JFSH(Jet Fire) Theory Document – 53 стр.
- EXPS (exposure model) Theory Document - 49 стр.
- Warehouse fire model Theory Manual - 33. стр.
- PVAP (Pool Vaporization) Verification - 45 стр.
- MPACT Theory - 137 стр.

ВСЕГО - 1700 стр.

Пример оценки вкладов оборудования в коллективный риск

Таблица 2.4.15. Вклад групп оборудования в величину коллективного риска

Источник аварии	Риск гибели чел. в год	%
Площадка сепараторов	4,15*10-4	64.6 %
Площадка отстойников	1,46*10-4	22,7 %
Резервуарный парк	3,77*10-6	0,6%
Трубопровод на первую ступень сепарации	7,79*10-5	12,1%
Итого:	6,43*10-4	100.00%

Использование PHAST-SAFETI в России

- Разработка ДПБ (33)
- Разработка паспортов безопасности (7)
- Разработка проектных документов (ИТМ ГО ЧС, Промышленная безопасность и т.д.) (8)
- Методические работы (7)

Всего: около 55 работ

Примеры использования PHAST-SAFETI в России

- **ДПБ пускового комплекса по производству терефталевой кислоты и полиэтилентерефталата пищевого назначения Башкирского полиэфирного комплекса ОАО «Полиэф». 2004 г. – ВНИИ ГОЧС;**
- **Паспорта безопасности всех районов Центрального, Северного и Восточного административных округов г. Москвы. 2006 – ВНИИ ГОЧС;**
- **Нефтеперевалочные терминалы Находки, Приморска, Мурманска - ИРБ.**
- **Проект балтийского газопровода «Nord Strim», 2007-2008 - ПЕТЕРГАЗ.**
- **Проект первой очереди добычи (ПОД или FSP) на месторождении Одопту. Оценка пожарного риска. Проект «Сахалин-1», Стадия-2. 2007 – ВНИИ ГОЧС;**

Использование PHAST-SAFETI в России

<u>Типы объектов</u>

- **Объекты газо-нефте добычи (ДНС, УПН, ЦПС).**
- **Нефте и газопроводы**
- **Нефтеналивные морские терминалы**
- **Склады:**
  - нефтепродуктов
  - АХОВ (хлор, аммиак, кислоты, фосген)
  - склады СУГ
- **Объекты химической промышленности (окосинтез, производству терефталевой кислоты и полиэтилентерефталата , производство каучука)**
- **Водоканалы (склады хлора, хлораторные)**
- **Аммиачные холодильные установки**
- **Котельные и ТЭЦ**

<u>Перечень методических работ</u>
с использованием PHAST-SAFETI в России

Сопоставление ряда инженерных моделей приведенных в следующих стандартах СТО Газпром (ВНИИГАЗ)

- «Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром»»;
- «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»»;
- «Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа (LNG/CNG)»

Сравнение результатов оценки рисков по методике DNV и НТЦ «Промышленная безопасность» на примере нефтебазы «Грушовая»

Текущие работы по сравнению и верификации методик

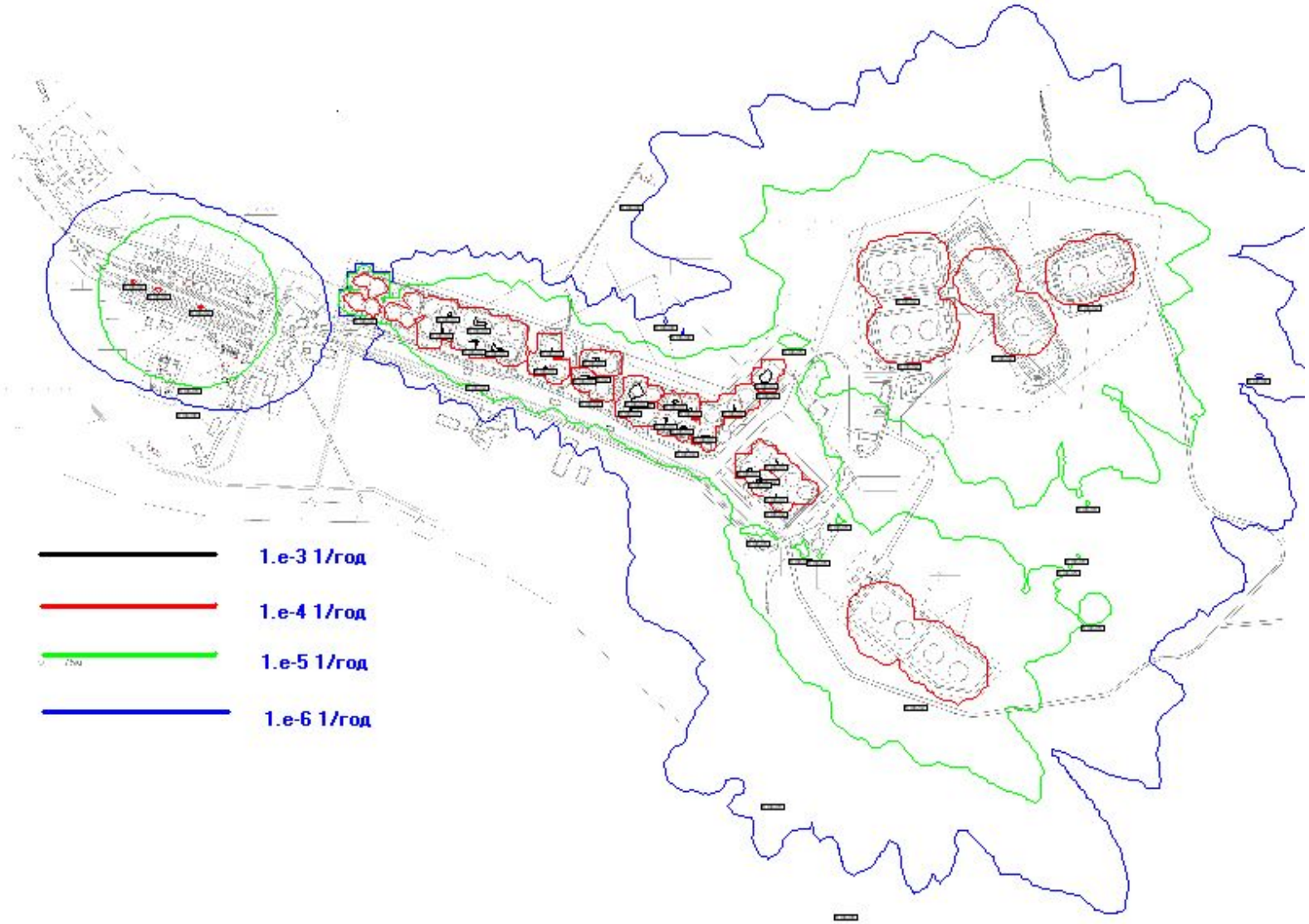
.

Максимально возможное количество пострадавших при возникновении

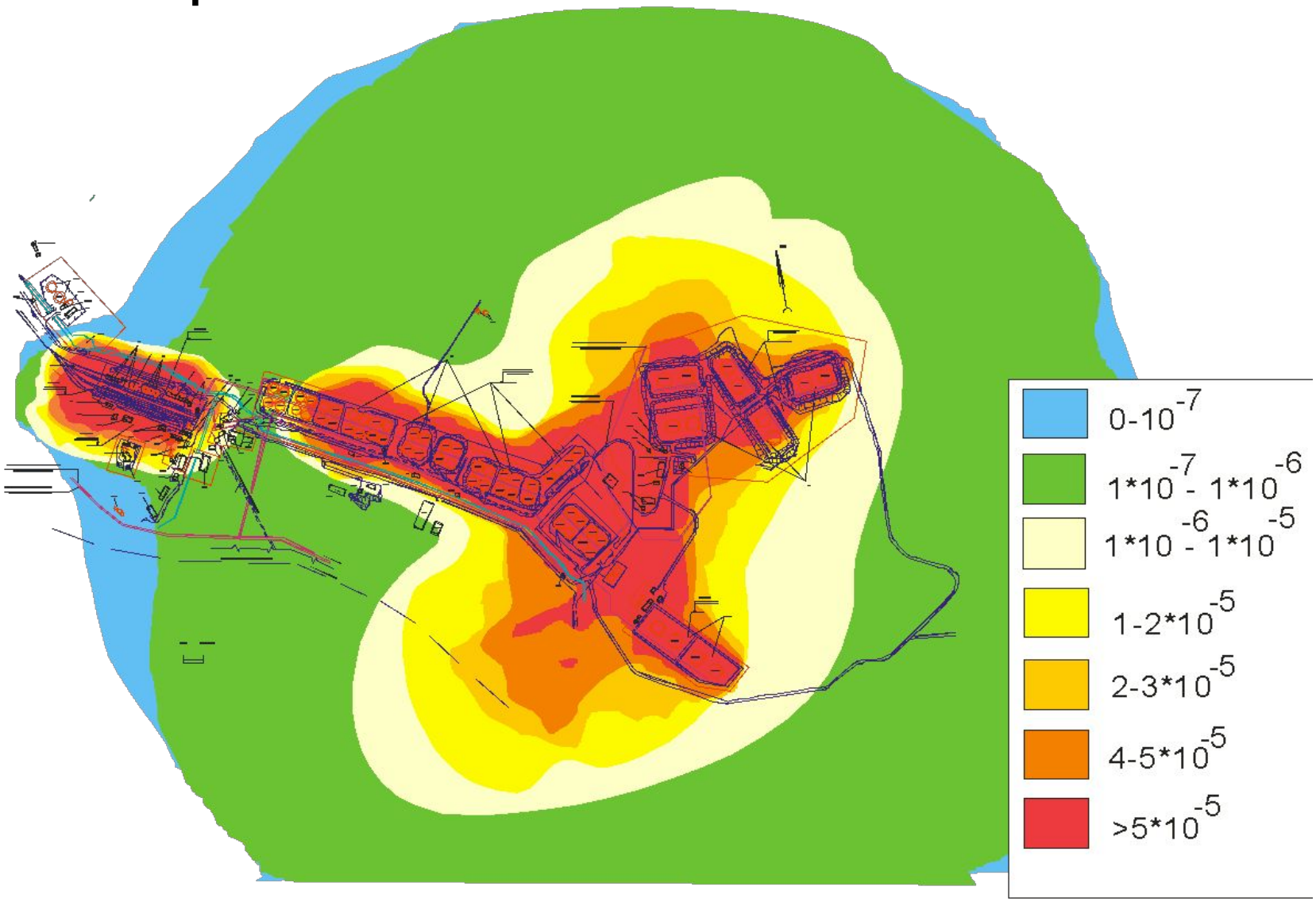
аварий на декларируемом объекте «Нефтебаза Грушовая»

Группа сценариев		Методика НТЦ		Методика DNV	
		Из числа персонала	Из числа третьих лиц	Из числа персонала	Из числа третьих лиц
C_1/C_3	Сгорание облака паров нефти от пролива за пределы обвалования	До 180	До 50	До 100 (до 130 при 100% нахождении вне помещений)	До 50
	Сгорание облака паров нефти от пролива в обвалование или испарении из резервуара	До 72	До 50		
$C_1/C_2/C_3$	Пожар пролива в обвалование или в резервуаре	До 2	До нескольких человек		
	Пожар пролива за обвалованием	До 77	До 50		
C_4	Сгорание облака в замкнутом объёме	До 10	-/-/-	До 20	-
	Сгорание облака в открытом пространстве	До 12	-/-/-		
	Пожар пролива	До 10	-/-/-		
C_6	Огненный шар	До 200	До нескольких десятков человек	До 60 (до 140 при нахождении 100% вне помещения	-
	Пожар пролива	До 4	-/ До 2/-	До 30	-
	Сгорание облака в открытом объеме	До 61	-/До 4/До 12		

Изолинии территориального риска, методика DNV



Изолинии территориального риска, НТЦ «Промышленная безопасность»



Сравнение некоторых критериев риска

Наименование показателя риска	Значение НТЦ	Значение DNV
Частота возникновения аварийных ситуаций, связанных с возникновением поражающего эффекта (взрыв, пожар или огненный шар)	**0,051 год$^{-1}$**	**0,077 год$^{-1}$**
Общий коллективный риск для всех категорий людей	**$6{,}5\times10^{-2}$ чел./год**	**$2{,}1\times10^{-3}$ чел./год. $6\text{x}10^{-3}$ чел./год (при 100% населения на улице)**

Сравнение зон поражения по методикам DNV и ГОСТ Р 12.3.047-98 Огненный шар, 66 т, газовый конденсат

	PHAST	ГОСТ Р 12.3.047-98
Длительность,с	17	27
Радиус шара,м	116	100
Разрушение соседних емкостей , м	127	202
Воспламенение деревянных конструкций , м	250	305
Безопасное расстояние для объектов и людей, м	423	438

Сравнение зон поражения по методикам

DNV и ГОСТ Р 12.3.047-98

Пожар пролива

Площадь пролива, м2	500	2400	2800	100000
Воспламенение деревянных конструкций, м	17 / 18	29 / 31	41 / 30	195 / 195
Безопасное расстояние для объектов и людей, м	50 / 30	75 / 51	87 / 35	360 / 214

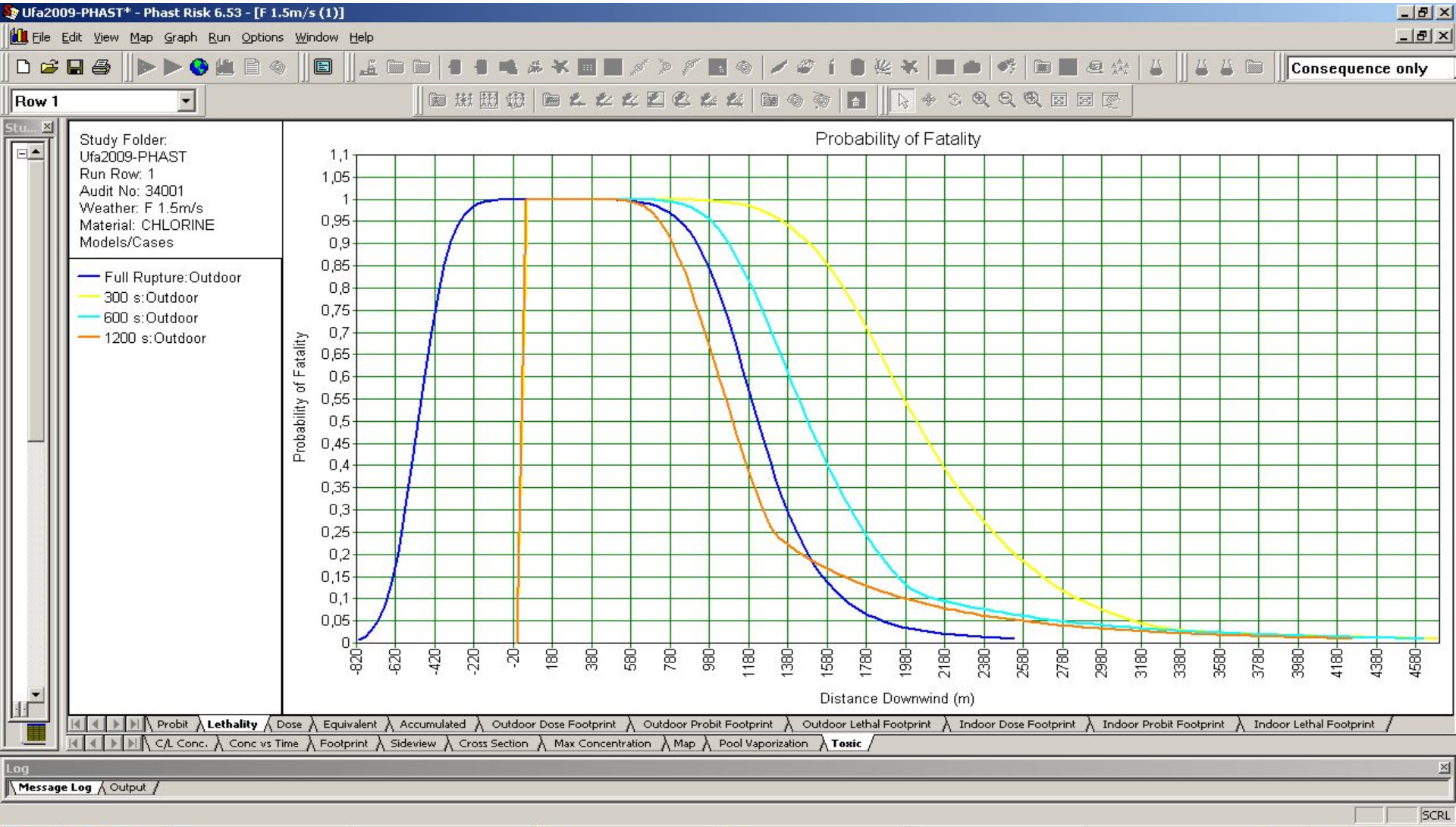
Сравнение зон поражения по методикам

DNV и Методика Всемирного банка

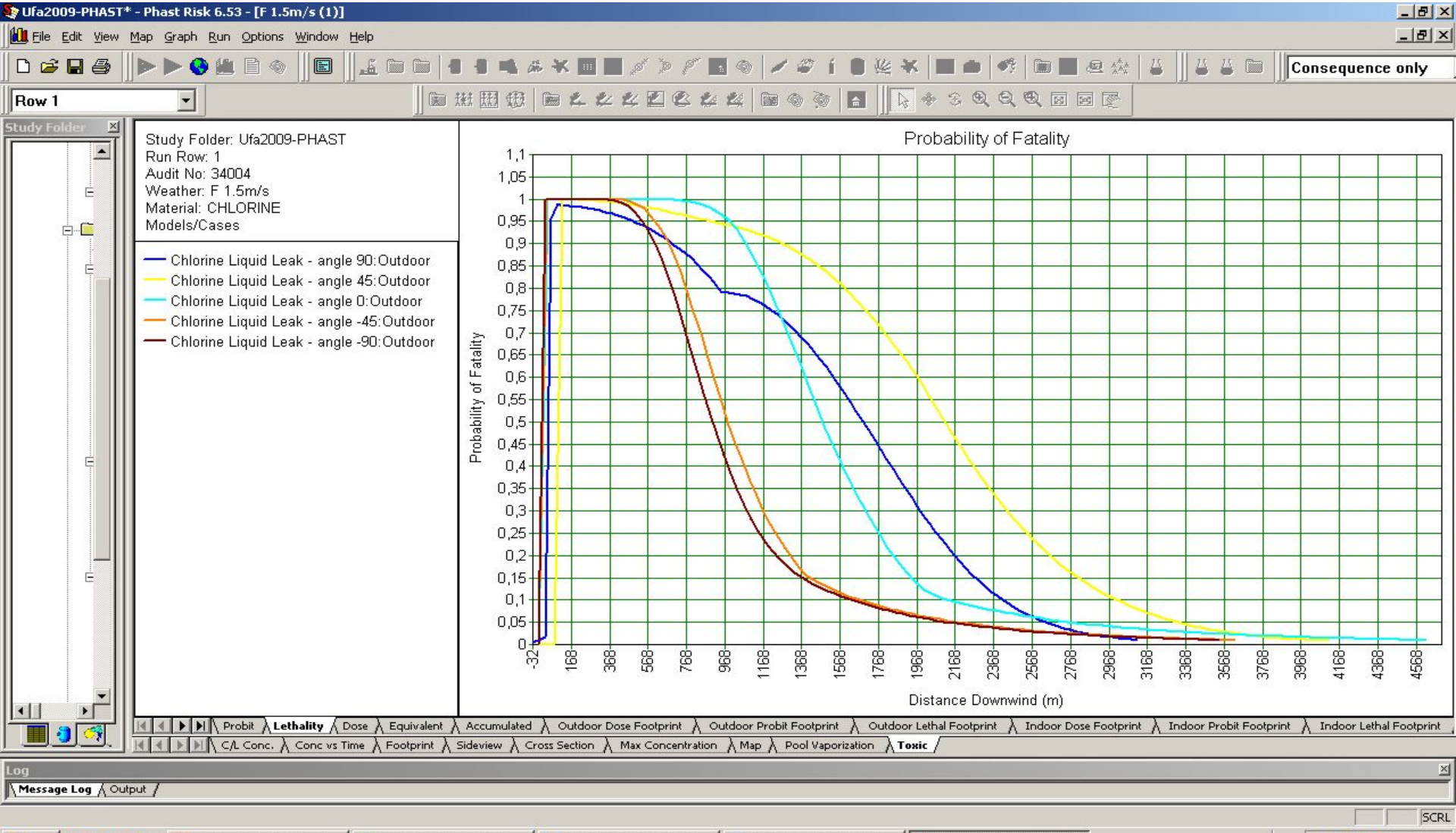
Рассеяние выброса до расстояний достижения топливо-воздушной смесью 0,5 НКПВ

Площадь пролива, м2	500, конденсат	2400, конденсат	2800, нефть	100000, нефть
0.5НКПВ	105 / 129	165 / 270	190 / 191	760 / 1430

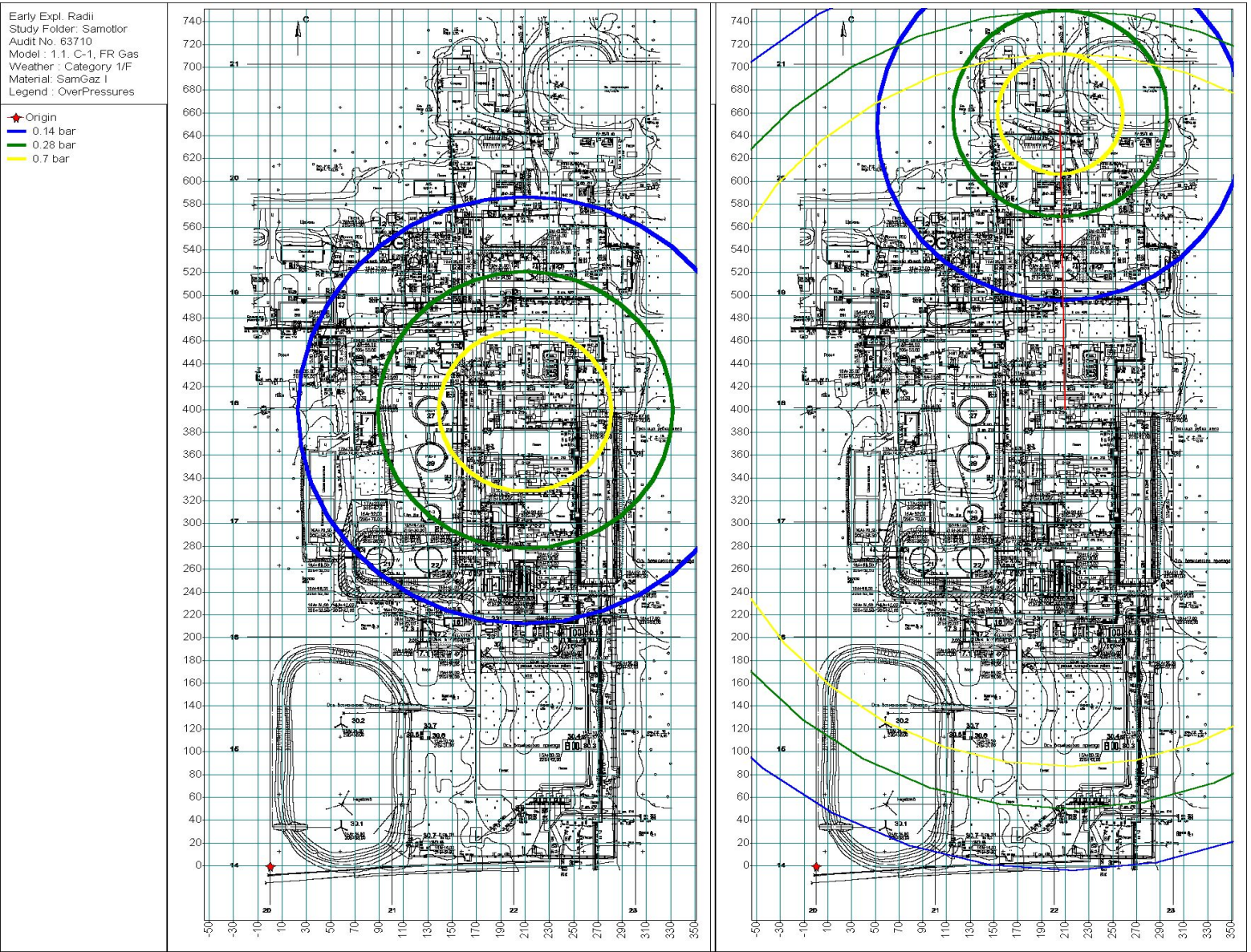
Вероятность гибели при авариях
Хлор (вагон-цистерна 15-1556) , 57,5 т, 1,5/F.
Вариация времени опорожнения



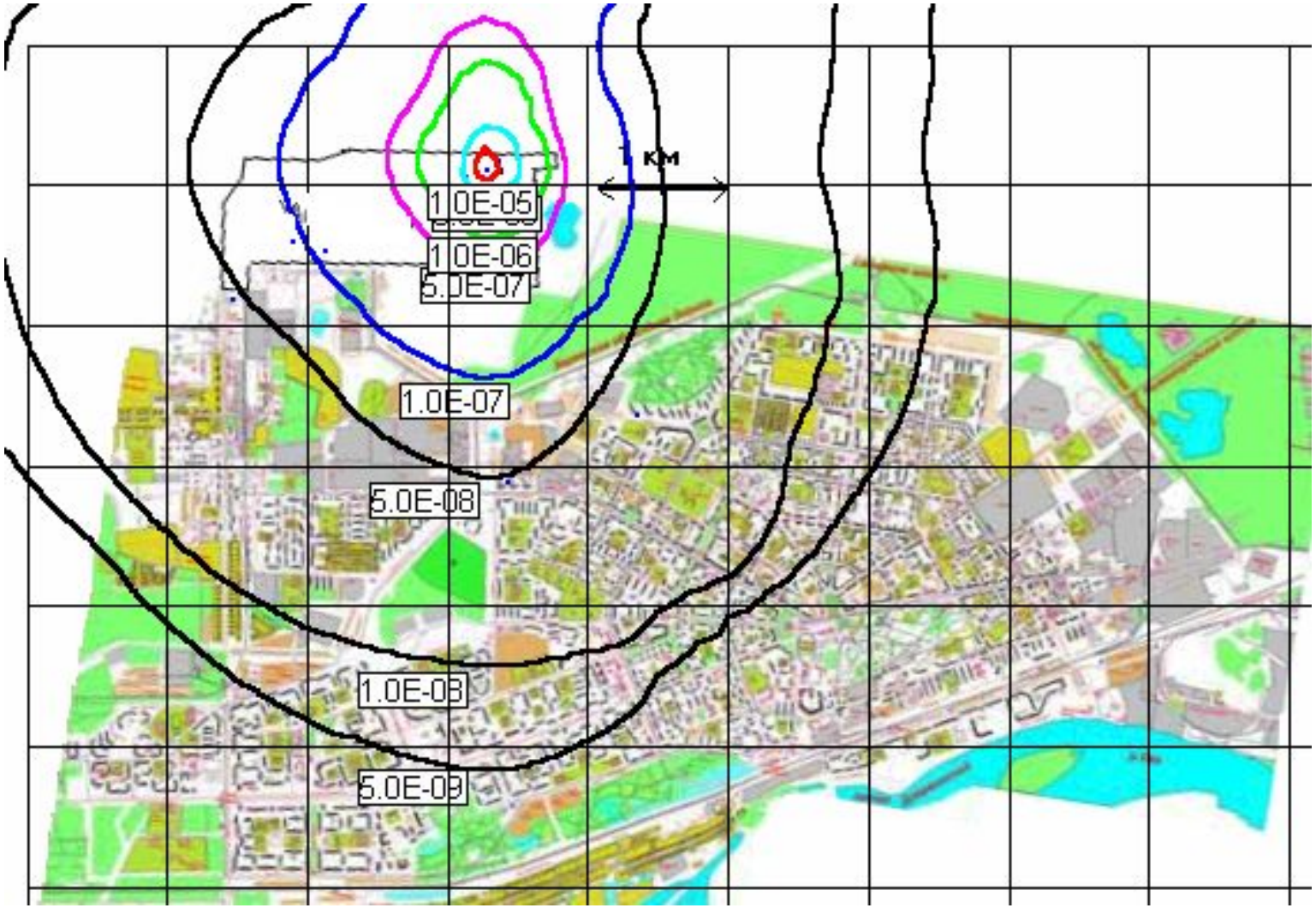
Вероятность гибели при авариях
Хлор (вагон-цистерна 15-1556) , 57,5 т, 1,5/F.
Вариация угла истечения



Пример оценки величины зоны поражения при дрейфе облака ПГФ



Изолинии территориального риска, склад фосгена



«Недостатки» PHAST-SAFETI

- Сложность моделей => уровень пользователя
- Большое число параметров => уровень пользователя
- «Иномарка» => объяснения с «экспертизой»
- Цена вопроса – 40 000 GBP

Стоимость Ж/Д цистерны с бензином 2 700 000 руб. (54 000 GBP)

- Стоимость разработки аналога:

  3 человека

  3 года

  2000 USD в месяц

Сумма = 432 000 USD (15 000 000 руб.)

- Не русофицированнось