



Моделирования и оценки последствий аварийных выбросов сжиженных природных газов

Сумской Сергей Иванович

*«АНО «Агентство исследований промышленных
рисков»*

www.safety.fromru.com

www.safety.ru

risk@safety.ru

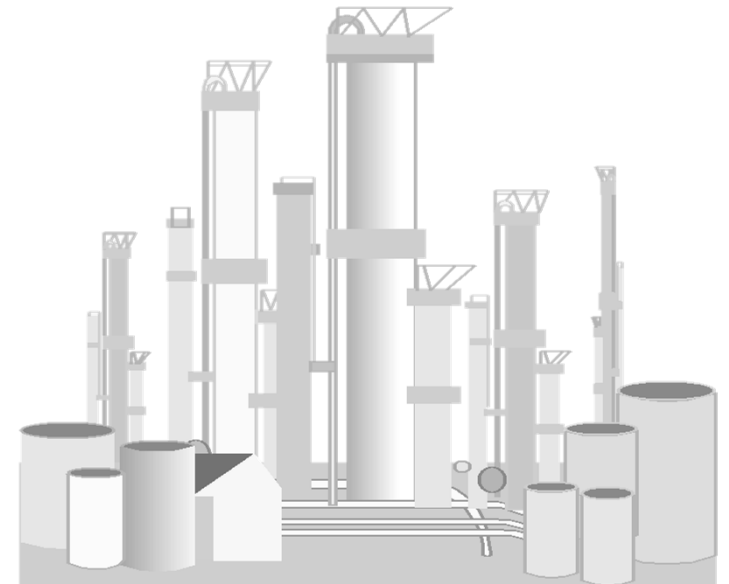
(495) 620-4750



Введение

Технологии транспортировки

- *Газ – газопроводы;*
- *Сжиженный газ – изотермия*
- *Гидратные – «пельмени»*





Введение

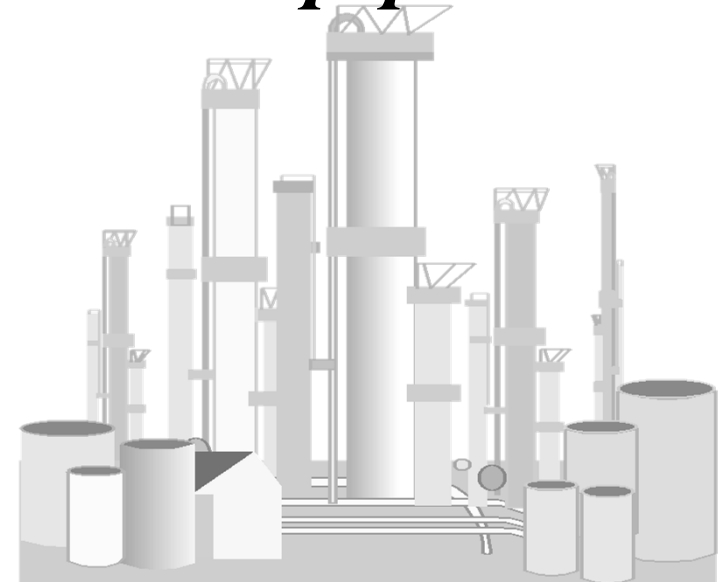
- *Рост мощности производств*
- *Большие объемы*
 - *$N * 10000 \text{ т}$*
- *⇒ изотермические условия*
- *Объекты либо уже существуют (завод СПГ на Сахалине), либо проектируются (завод СПГ Штокман, Ямал)*





Изотермические условия хранения

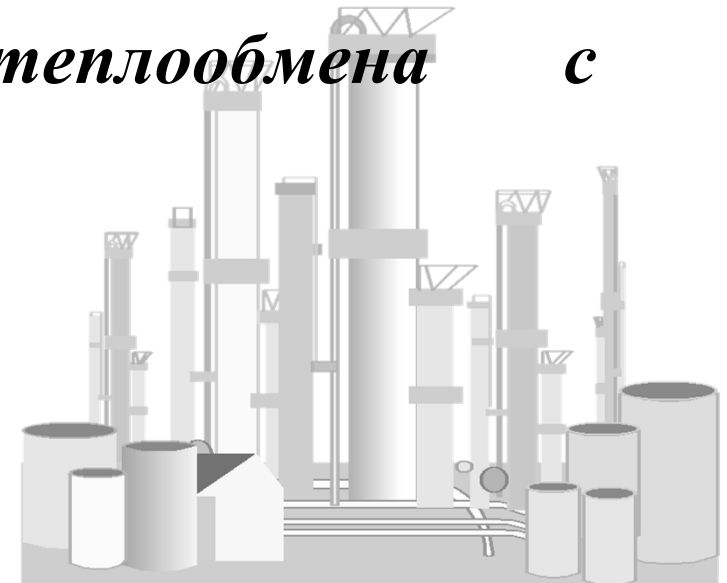
- *Низкая температура (-33 С пропан, -163 С метан)*
- *Большие объемы*
- *Низкие давления (около атмосферного давления)*





Особенности выброса изотермического продукта

- *Малая доля вскипания из-за перегрева (ок. 1%, от гидростатического столба)*
- *Интенсивное кипение при проливе (вплоть до испарения всей жидкости)*
- *Интенсивное испарение*
- *Существенная роль теплообмена с атмосферой при дрейфе*





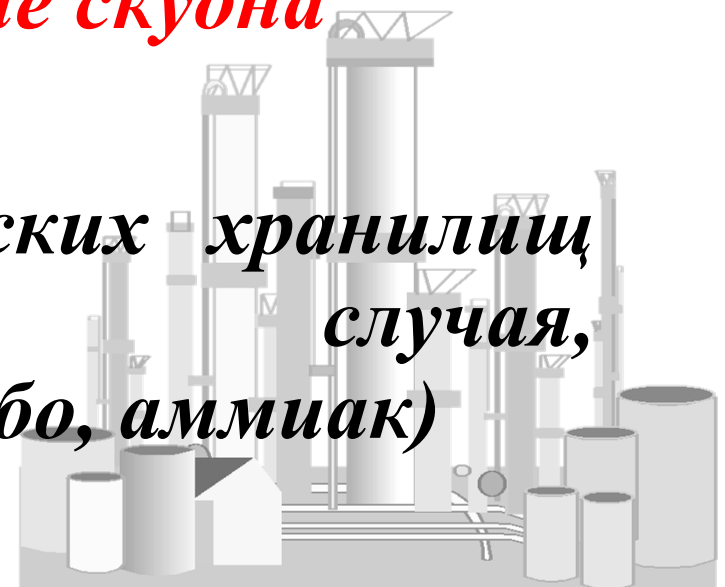
Анализ последствий «изотермических» выбросов по имеющимся фактам

- *Эксперименты с интенсивными выбросами (выше 100 кг/с – единственный эксперимент + Чайна Лейк)*

Вывод: информация крайне скудна

С натяжкой

Разрушения изотермических хранилищ аммиака (3-4 случая, задокументированы слабо, аммиак)

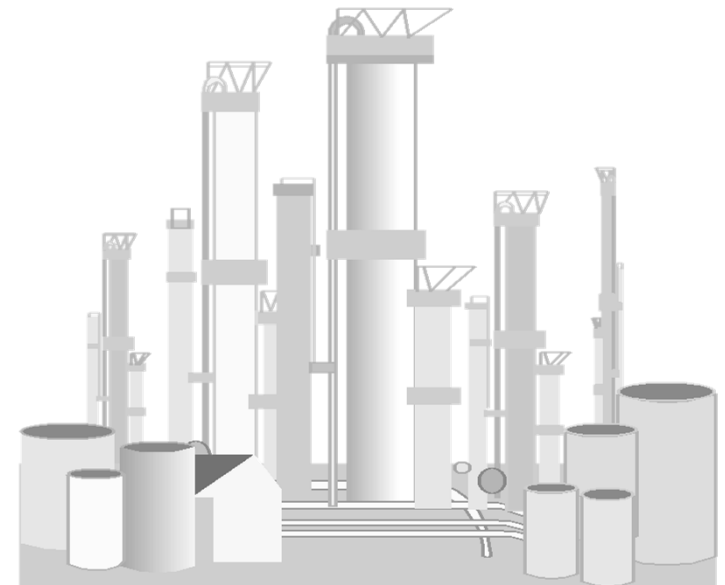




Анализ последствий «изотермических» выбросов по имеющимся фактам

Выводы

- *Имеющиеся данные ограничены*
- *Зоны поражения в $N * 100 - N * 1000$ м*
- *Нужны расчеты*





Примеры оценок (метан)

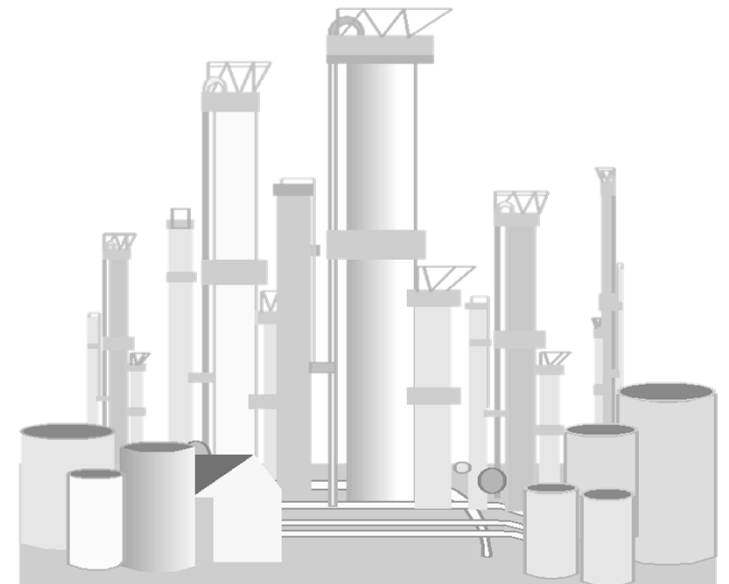
метан

*100000-160000-200000 м³ изотермический
резервуар*

обвалование 100000 м²

$T_{\text{возд}} = 20 \text{ C}$

Ветер 1-10 м/с , F...A





Примеры оценок (горение в резервуаре)

160000 куб.м.

25 кВт/кв м:

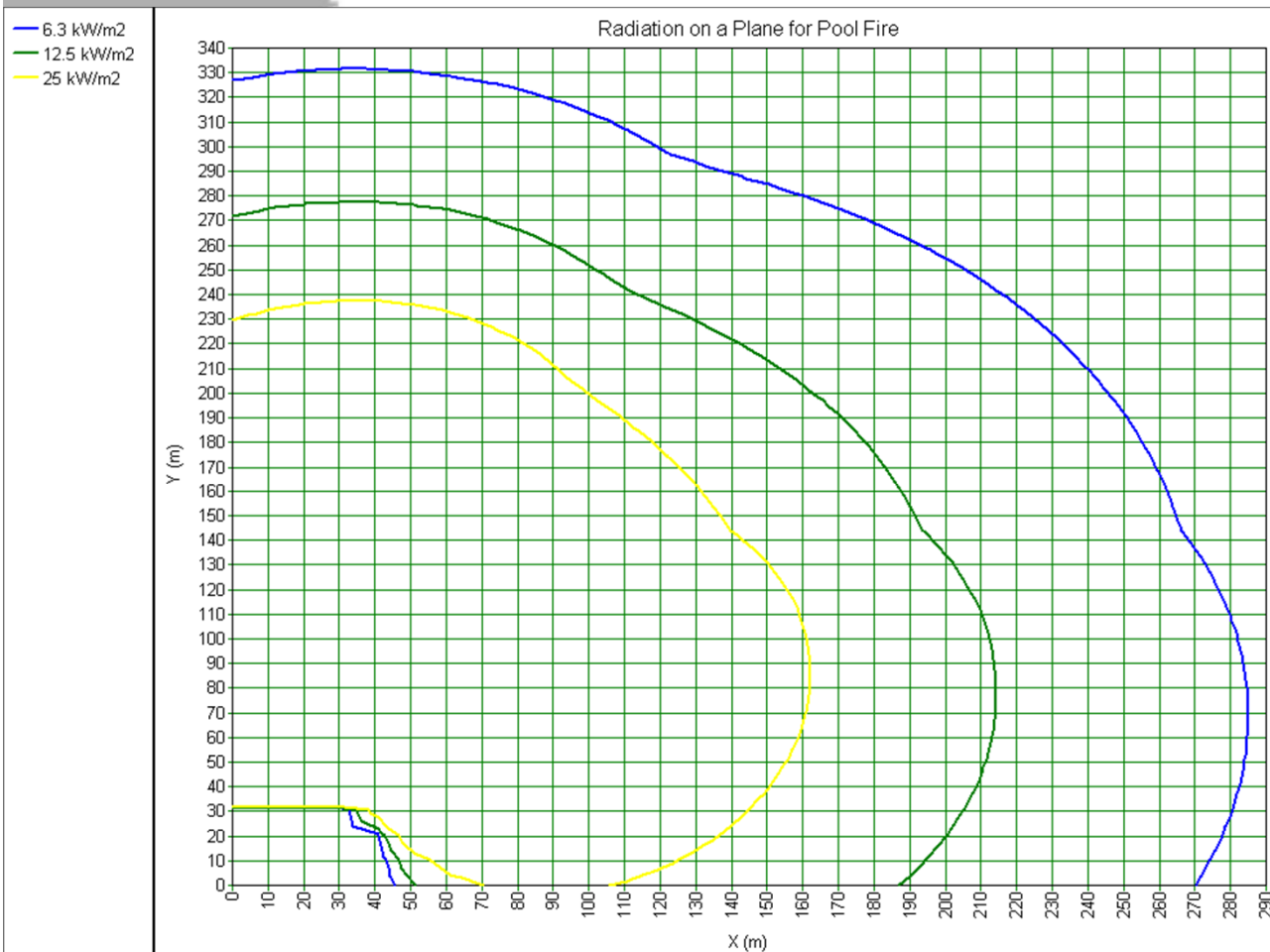
• *110 м*

12,5 кВт/кв м

190 м

25 кВт/кв м:

• *270*





ПРИМЕРЫ ОЦЕНОК (метан полное разрушение 100000 куб. м. 100000 кв м)

1 Ф

Зона НКПВ/2:

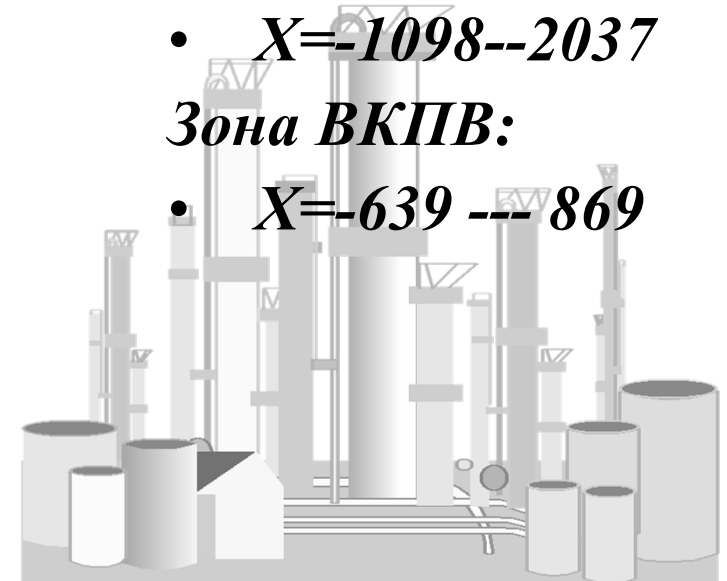
- *X=-1205--3095*

Зона НКПВ:

- *X=-1098--2037*

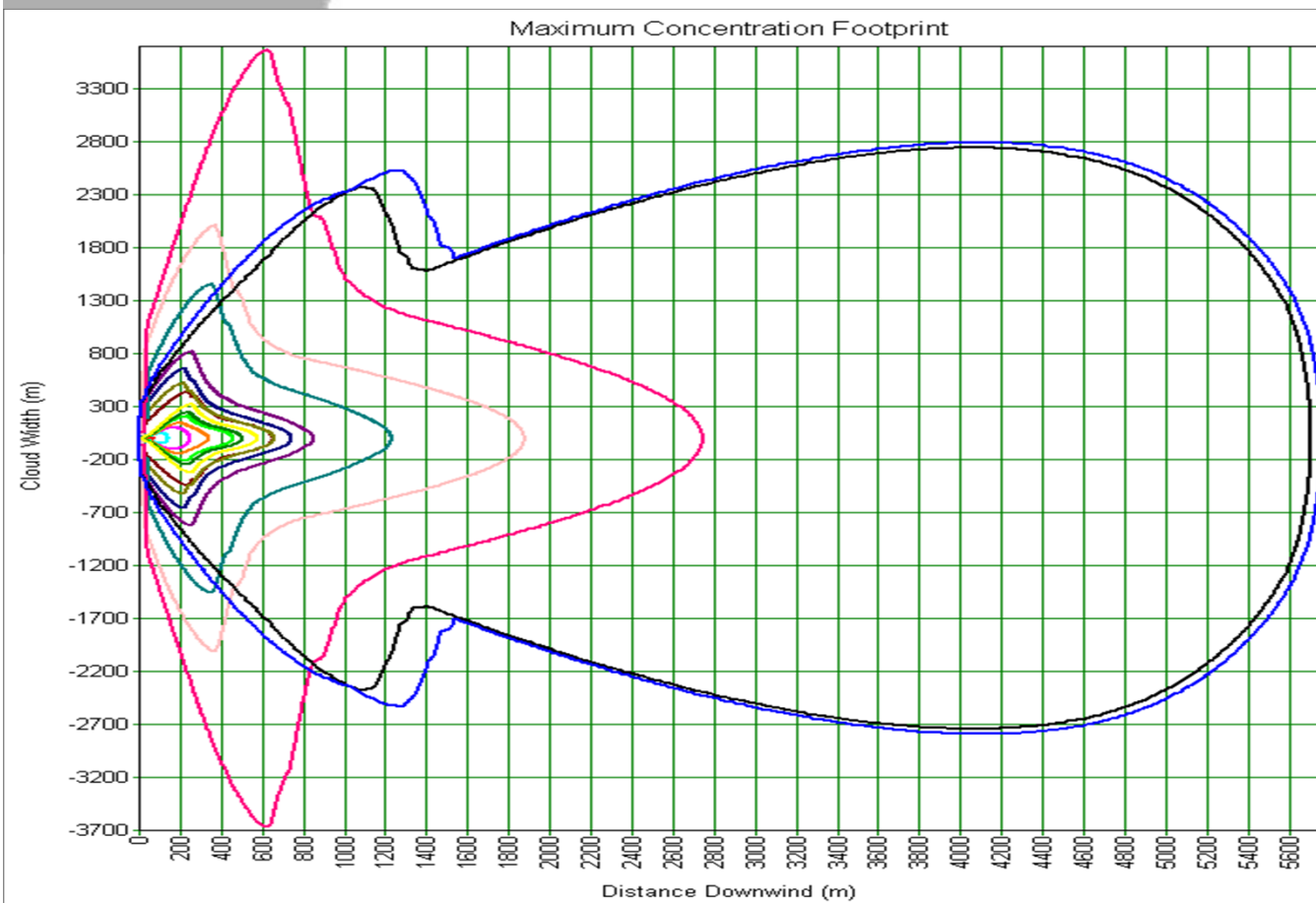
Зона ВКПВ:

- *X=-639 --- 869*





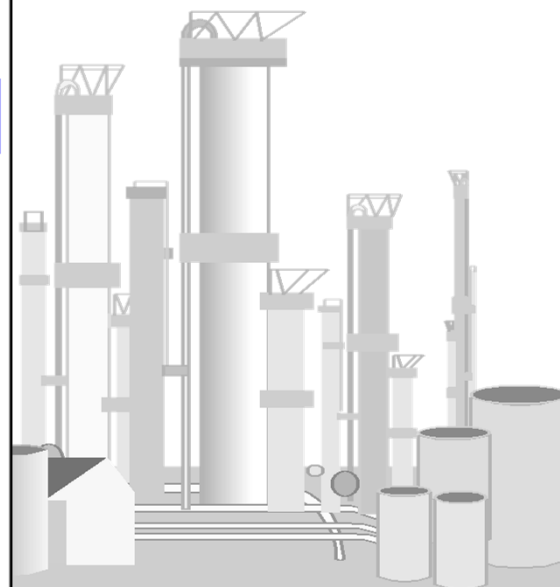
Примеры оценки (метан полное разрушение 160000 куб. м. 100000 кв м)



1 Ф

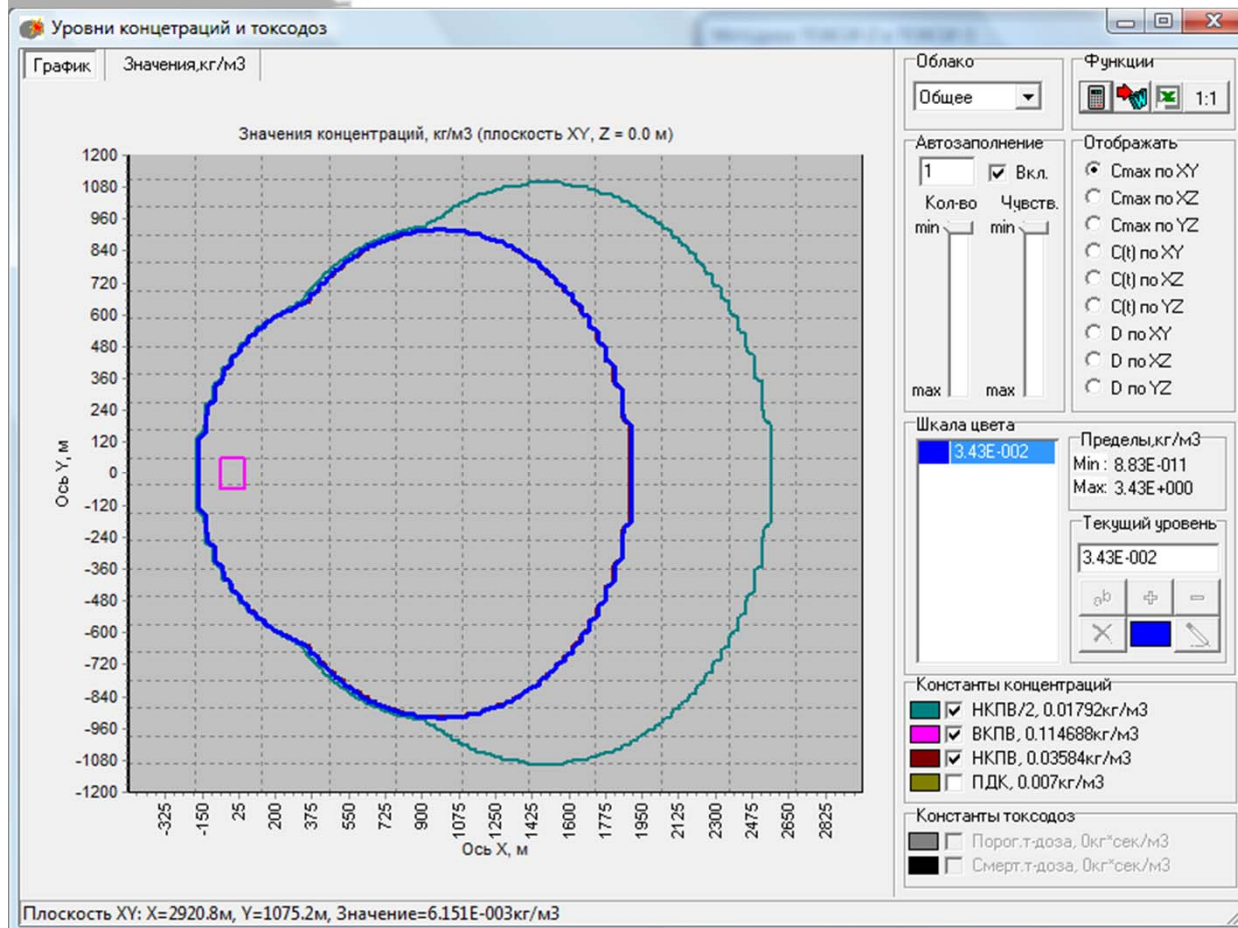
Зона НКПВ/2:

- До 6000 м*

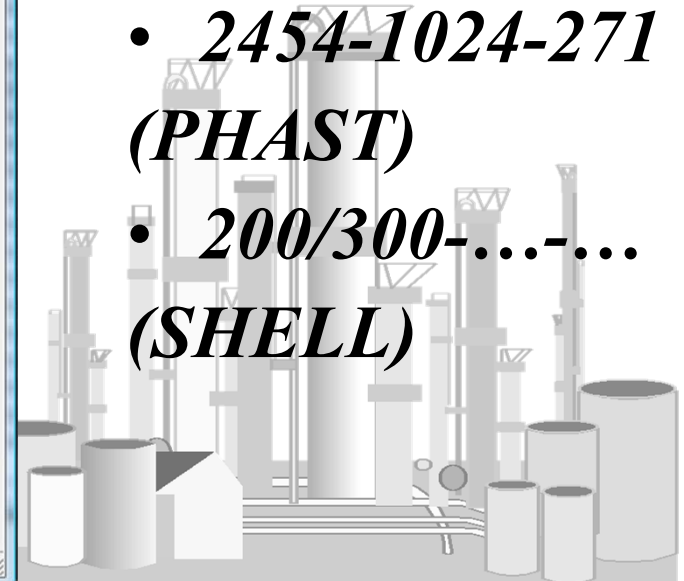




Примеры оценок (метан полное разрушение)



- 5 Д см. рис.
- 2400-1850-100
(ТОКСИ)
- 2454-1024-271
(PHAST)
- 200/300-....-....
(SHELL)



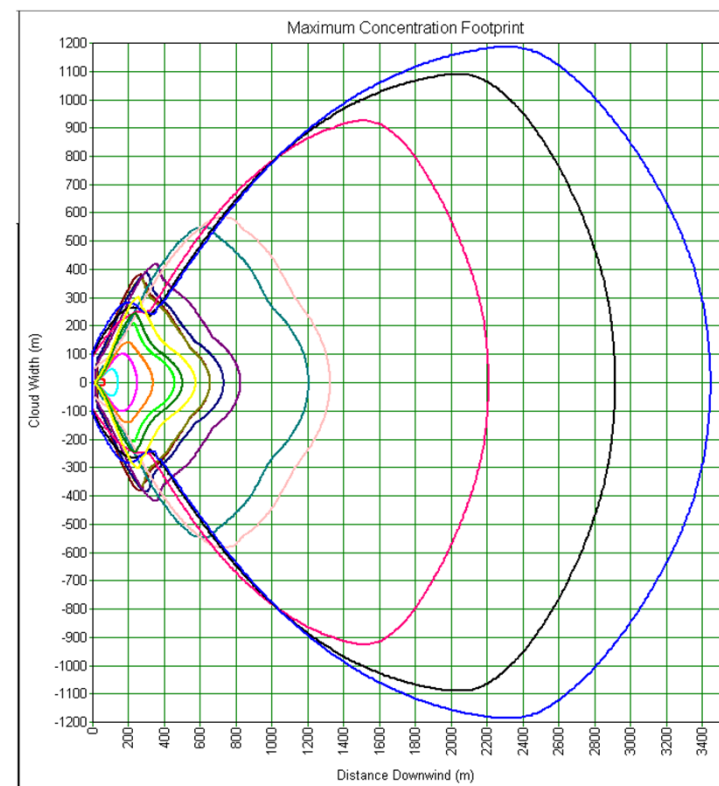
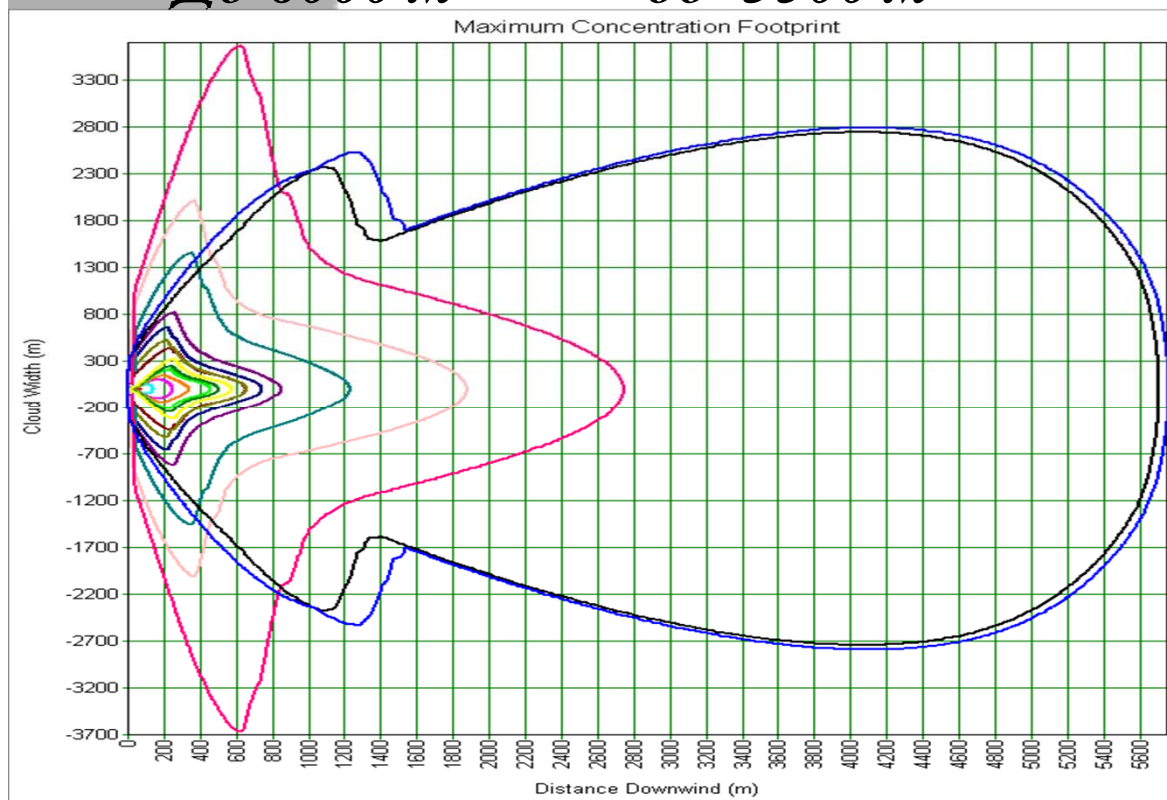


Примеры оценок (метан полное разрушение 160000 куб. м. 100000 кв м и 25000 кв м)

1 Ф

Зона НКПВ/2:

- До 6000 м до 3500 м





Примеры оценок

Выводы (по расчетам)

Зоны «непривычны» для восприятия

*Необходимо тщательный и аккуратный
подход*

*Процесс рассеяния имеет определенные
особенности*

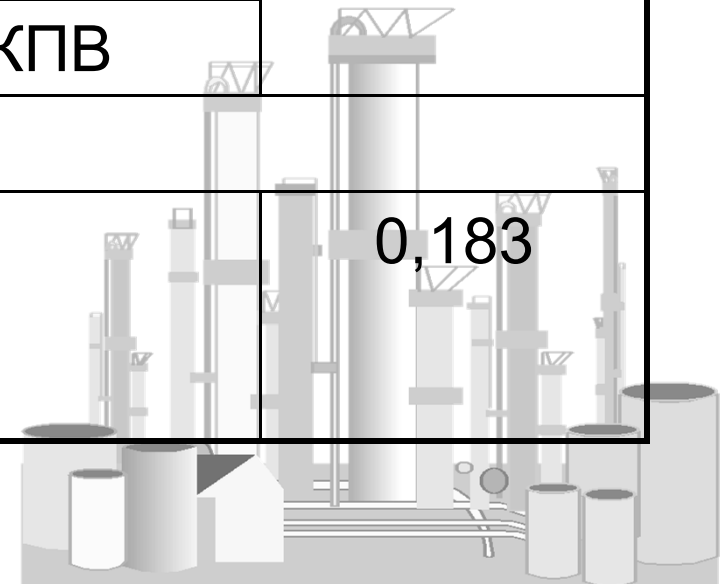




Особенность рассеяния метана

На примере струйного выброса (7,5 кг/с)

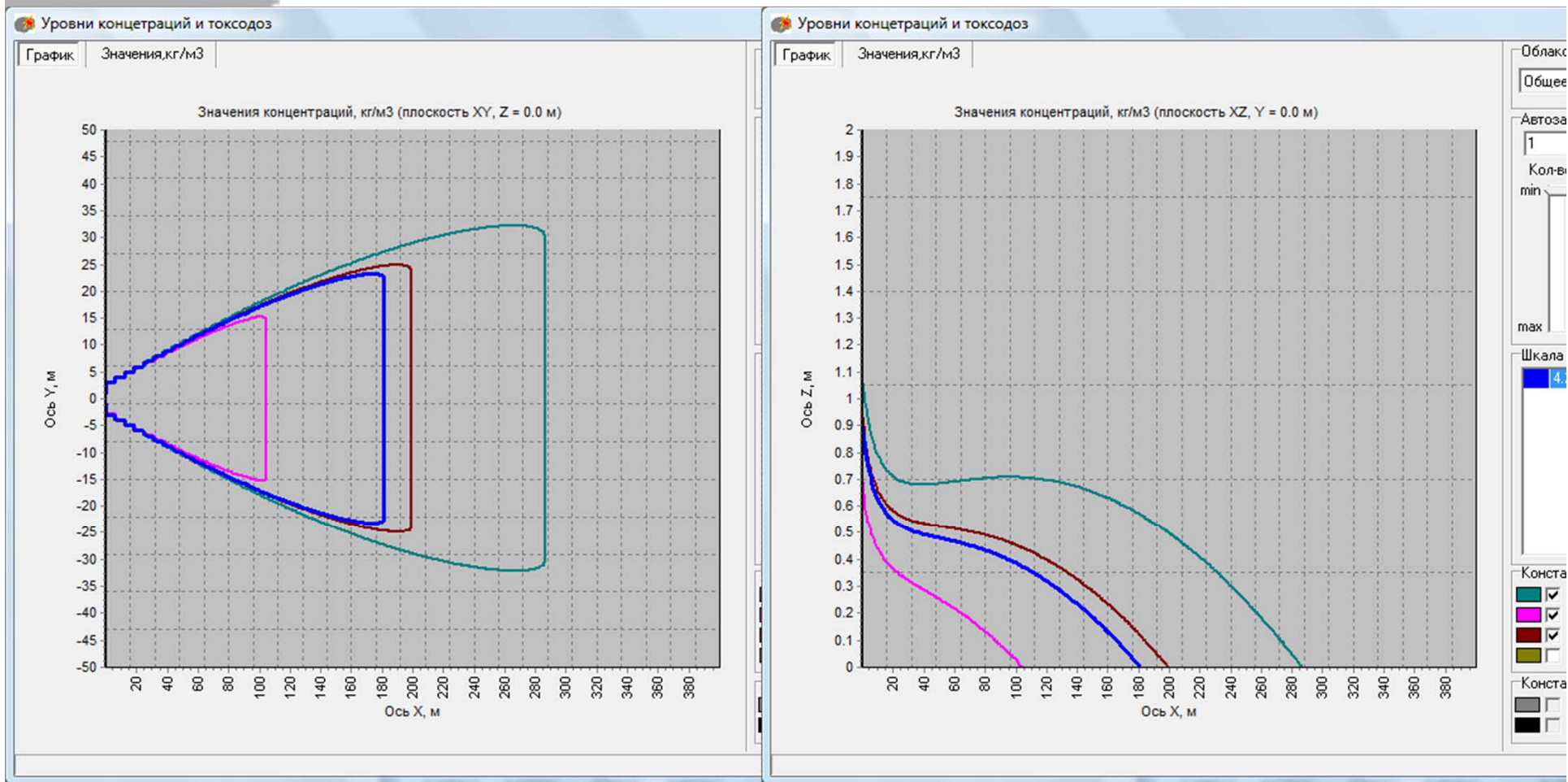
Расход, кг/с	Масса т	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Масса, т
		ВКПВ/НКПВ/0,5 НКПВ			
5 Д					
7,5	ок. 26	115/	30/	0,38/	0,183
		200/	48/	0,72/	
		288	70	1,11	





Особенность рассеяния метана

На примере струйного выброса (7,5 кг/с)





Выбор модели

ТОКСИ

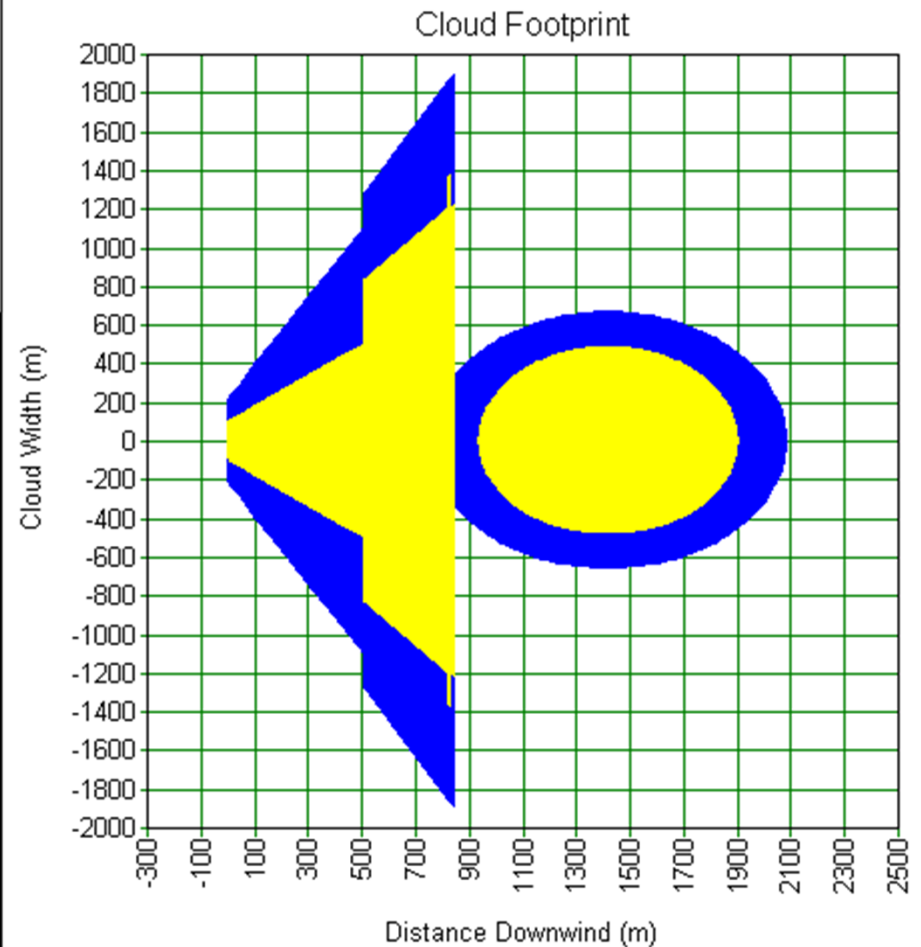
PHAST

Всемирный банк

HEGADAS

Study Folder: LNG
Audit No: 631
Model: Vessel/Pipe Source
Weather: Category 1/F
Material: METHANE
Averaging Time: Flammable(18,75 s)
Height: 0 m
Concentration
Time: 1141 s

■ $3,30483e+006m^2$ @ 0,022fraction
■ $1,84387e+006m^2$ @ 0,044fraction





ВЫВОДЫ

Проблема оценки зон в рассматриваемой ситуации является сложной задачей и поэтому должна проводиться с использованием максимально достоверных методов.

