



Моделирование крупных выбросов опасных веществ. Сравнение с фактами аварий

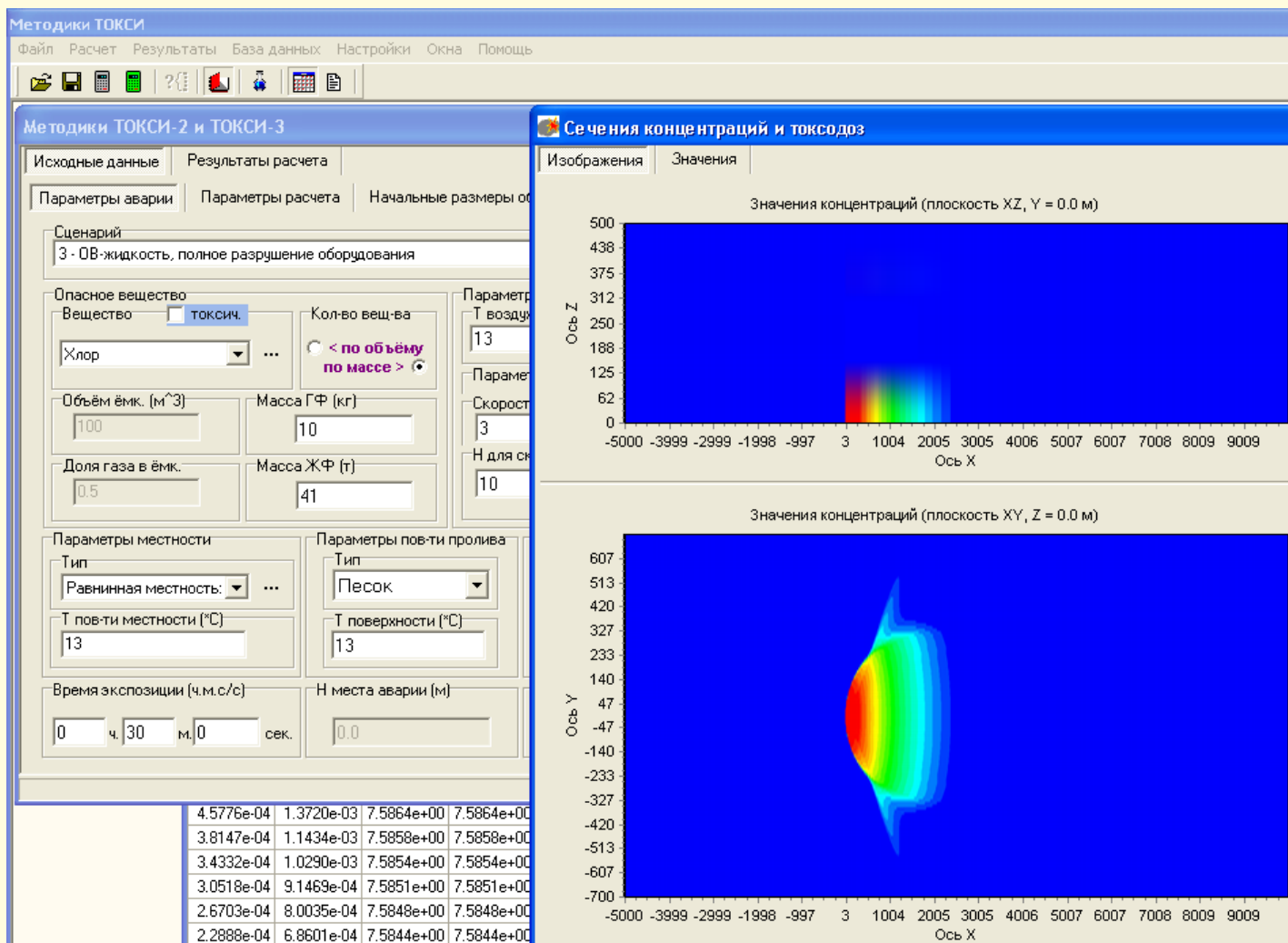
Ефремов Кирилл Владимирович



«Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» РД-03-26-2007, основанные на предыдущей версии «Методики оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ («ТОКСИ-3»», вместе с ранее разработанными методиками «ТОКСИ-1» и «ТОКСИ-2») являются результатом развития методических подходов НТЦ «Промышленная безопасность» к оценке последствий аварийных ситуаций.

Объединенные в программный комплекс ТОКСИ+ методики РД-03-26-2007 и «ТОКСИ-2» позволяют рассчитать выброс любой плотности (т.е. выброс «легкого», «нейтрального» или «тяжелого газа»), в том числе и с целью оценки последствий взрывных превращений дрейфующих облаков топливно-воздушных смесей (ТВС) по методике РД 03-409-01.

ТОКСИ+, версия 3.2

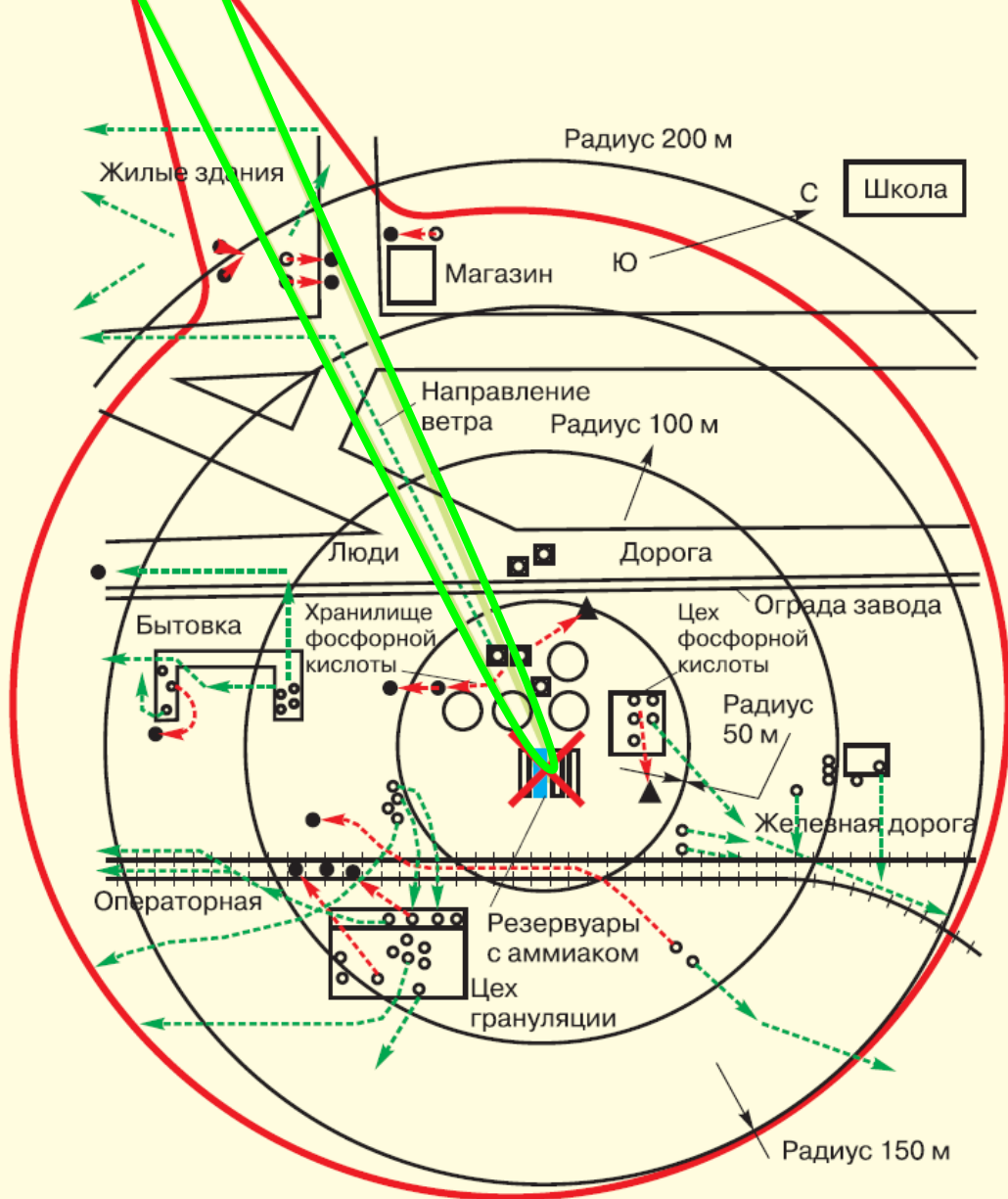


Авария при обращении с аммиаком
13.07.73
Потchefструм (ЮАР)

Эта авария, происшедшая на заводе по выпуску удобрений, характеризуется самым большим количеством погибших за всю историю аварий на объектах с аммиаком. Причиной аварии стало крупное разрушение горизонтального цилиндрического резервуара со сжиженным аммиаком, хранившемся под давлением при температуре 15 °С, – произошел отрыв торцевой части. Практически мгновенно в горизонтальном направлении из резервуара было выброшено **38 т аммиака**, под выброс попали близлежащие резервуары.

Жертв: 18 человек.

Схема расположения погибших при аварии в Потchefфструме (ЮАР), 13.07.1973



■ — разрушенный резервуар

○ — местоположение людей во время аварии

▲ — люди, найденные мертвыми

● — люди, попытавшиеся выйти из зоны поражения, но впоследствии умершие

■ — Не пытались выбраться, погибли

маршруты движения:

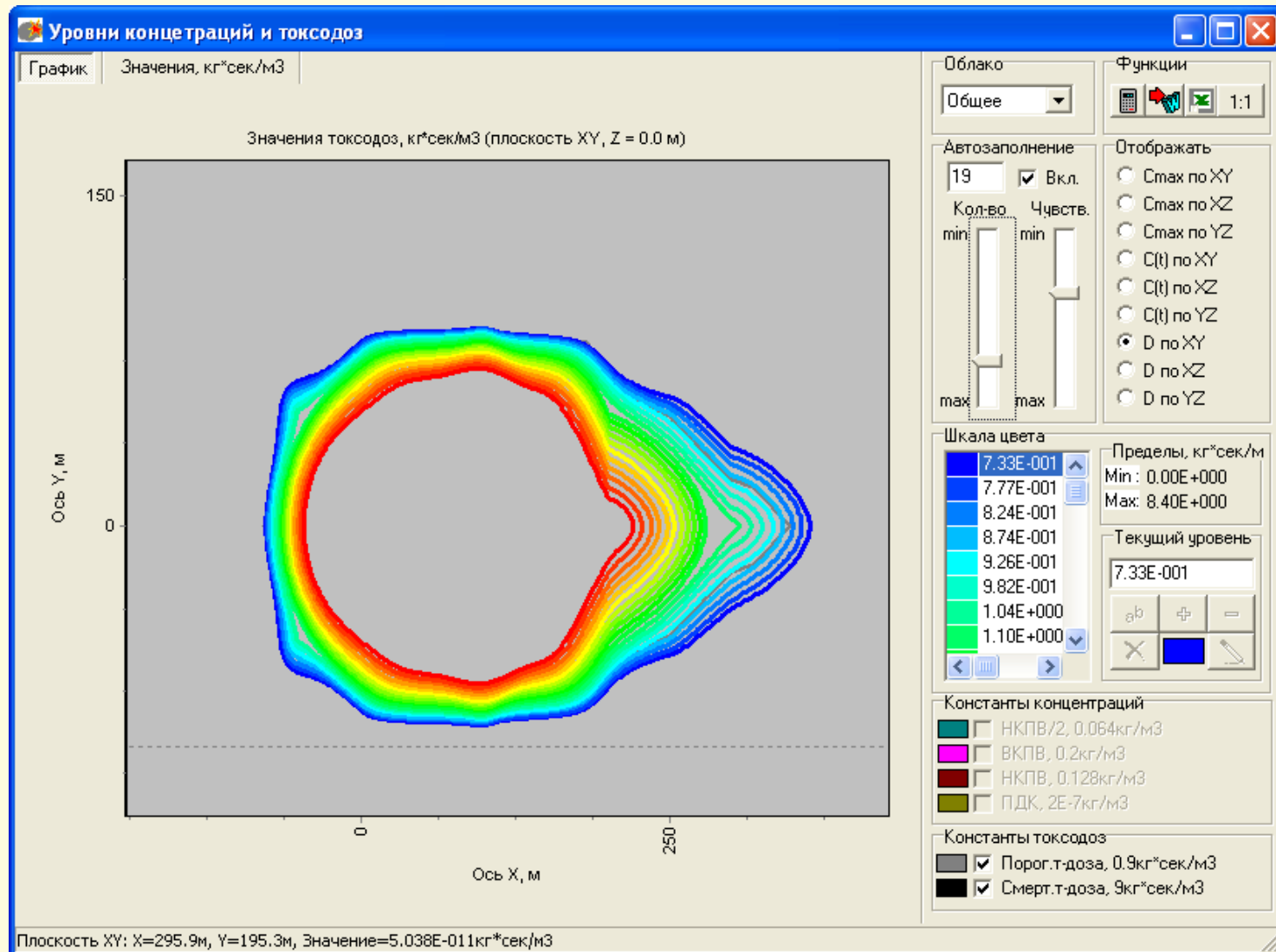
— выживших

— погибших

«ТОКСИ-3»
РД-03-26-2007

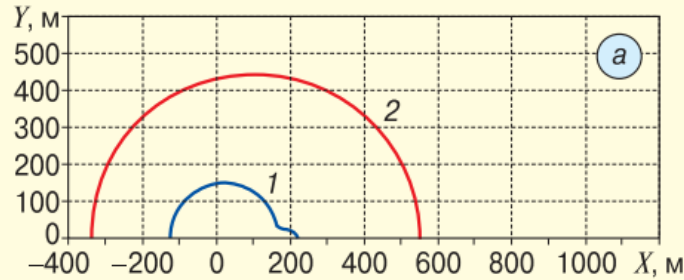
«Гауссова» модель
(без учета силы тяжести)

Размеры зон поражения на поверхности земли

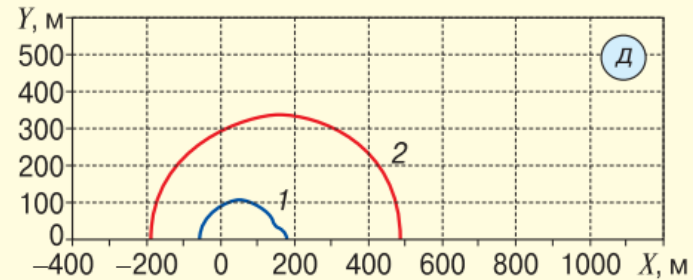


Размеры расчетных зон поражения для различных входных параметров

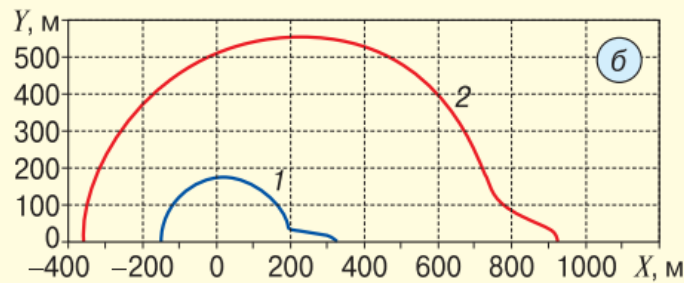
**F,
1 м/с,
10 мин**



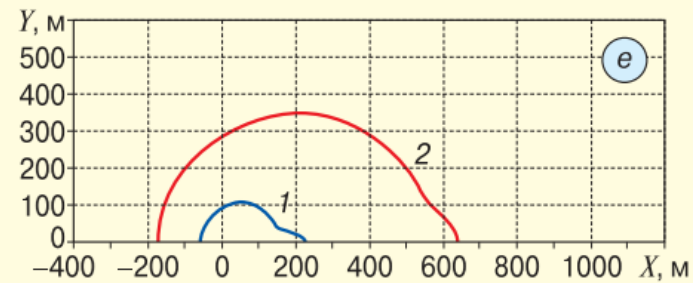
**A,
1 м/с,
10 мин**



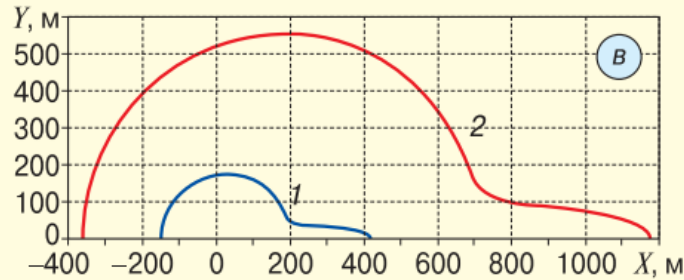
**F,
1 м/с,
30 мин**



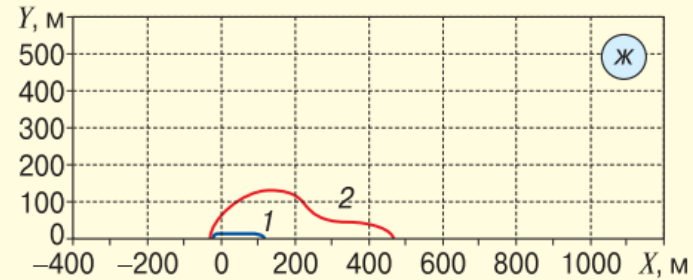
**A,
1 м/с,
30 мин**



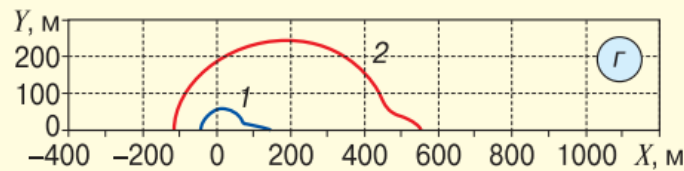
**F,
1 м/с,
60 мин**



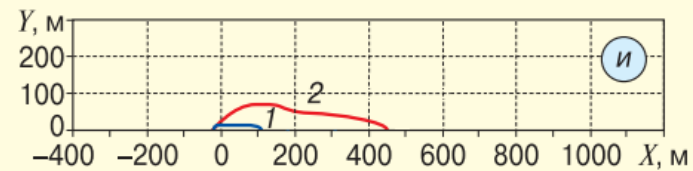
**D,
5 м/с,
30 мин**



**F,
3 м/с,
30 мин**



**D,
10 м/с,
30 мин**



— зона порогового поражения

— зона смертельного поражения

Авария при обращении с хлором

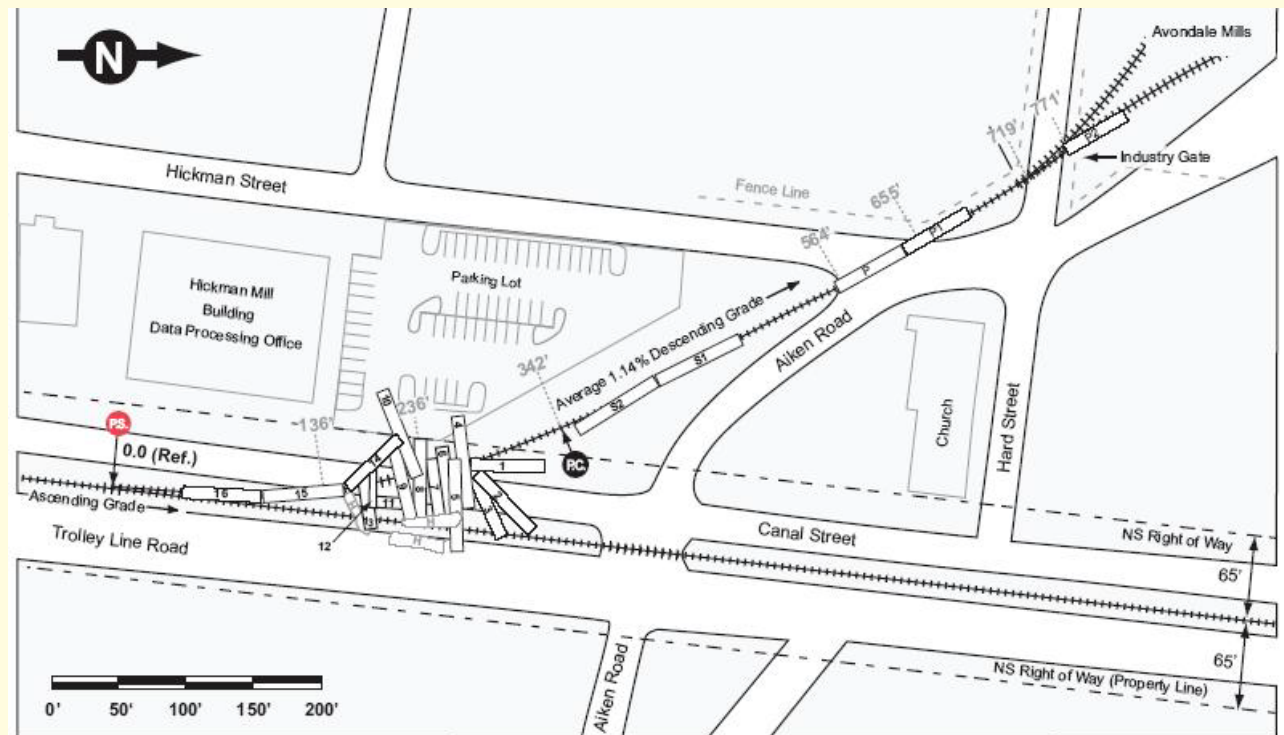
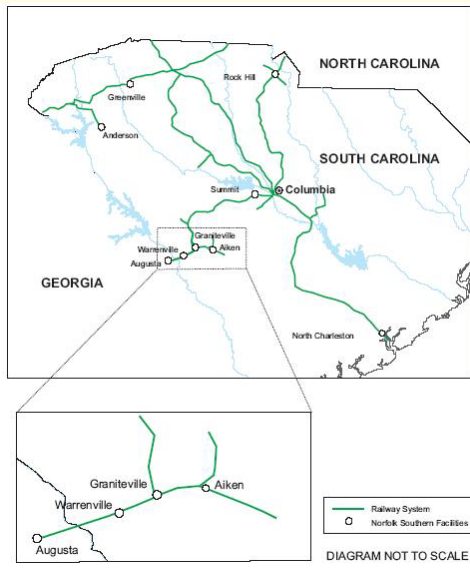
06.01.05

Грэнитвилль (США, штат Южная Каролина)

Глубокой ночью, в промзоне небольшого городка в результате столкновения двух поездов на железной дороге произошло разрушение цистерны, содержащей **82 тонны сжиженного хлора**, размер отверстия составлял около 90 см в длину и примерно 15 см в ширину; это отверстие было пробито сцепкой соседнего вагона.

Жертв: 9 человек.

Схема крушения составов



KEY

P. Locomotive 4622	1. NS 473153	6. SBLX 14146	11. CSXT 496430	16. GATX 31941 (One end off)
P1. PPGX 12119	2. NS 269182	7. GATX 17105	12. CSXT 496904	H. Coil Car Hoods
P2. WITX 4760	3. SOU 6774	8. GATX 58326	13. CSXT 495573	P.S. Point of Switch & Switch Stand Location
S1. Locomotive 6653	4. ACFX 051213	9. UTLX 900270	14. NS 411178	P.C. Point of Collision
S2. Locomotive 6593	5. NAHX 551307	10. NAHX 551599	15. NS 403130	

Локомотивы после столкновения



Место крушения поездов



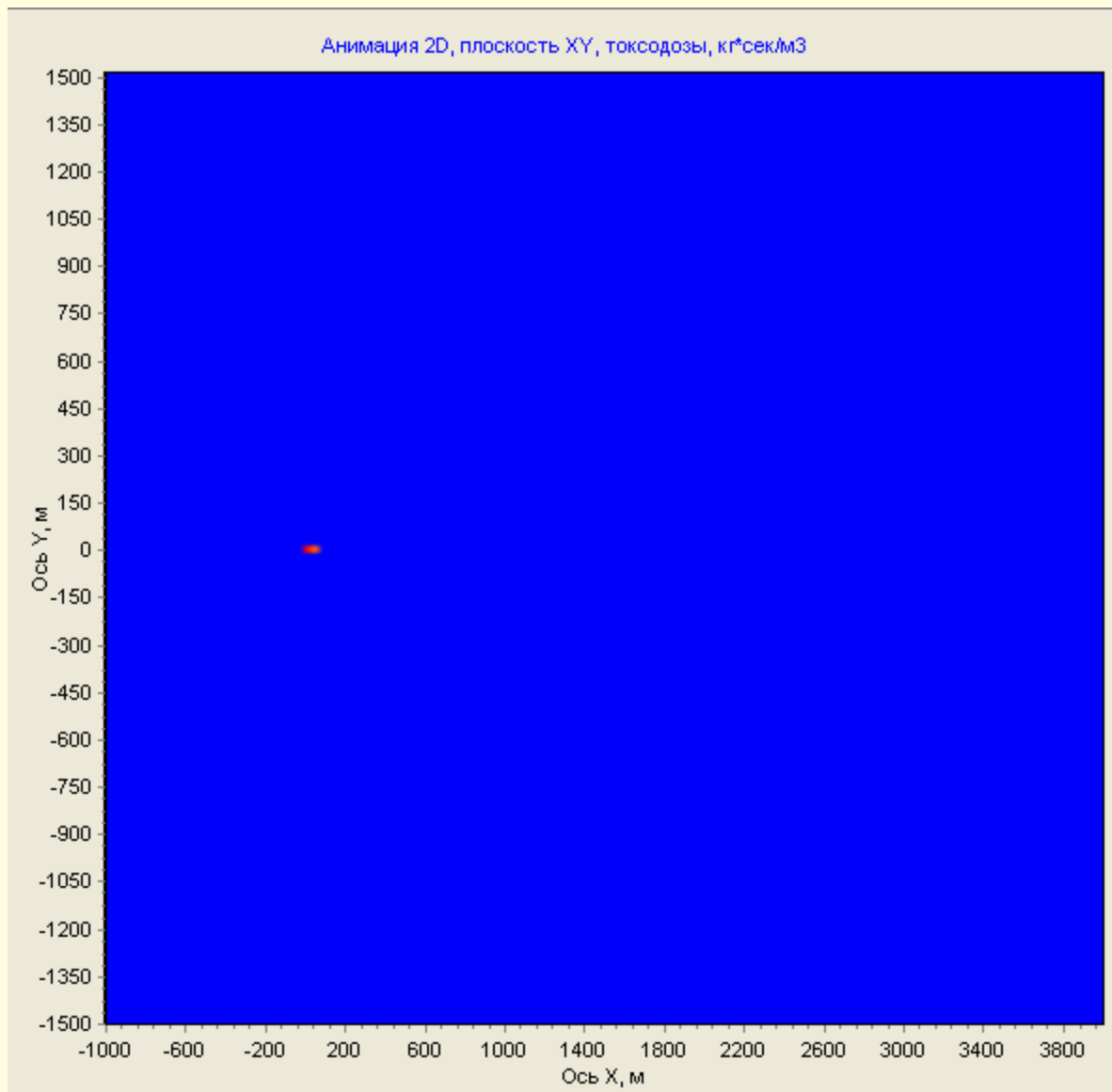
Аварийная цистерна из-под хлора (после ее перекантовки-разворота)



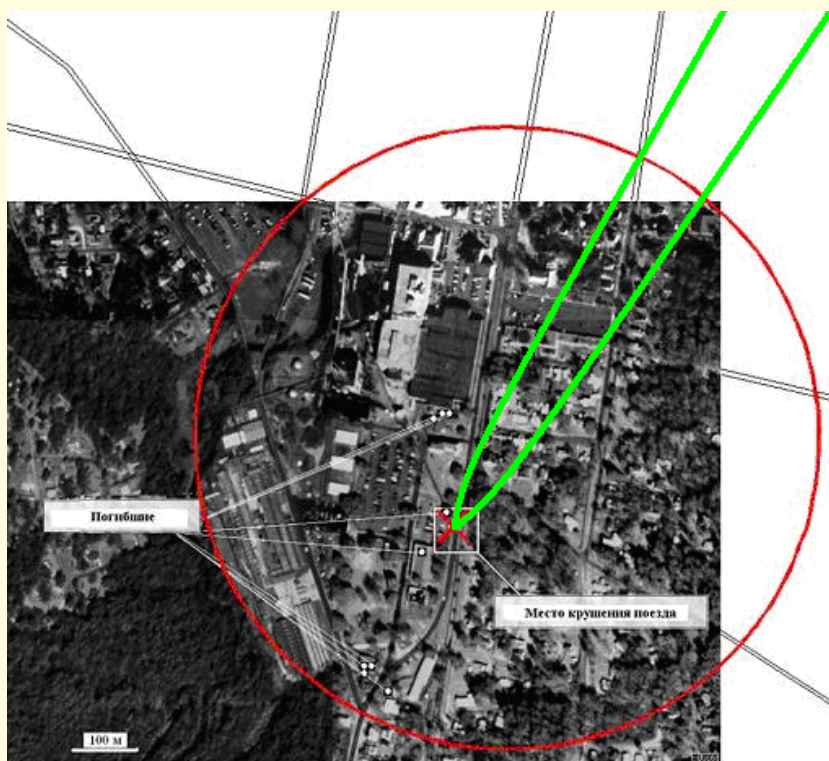
Расположение погибших при аварии в Грэнитвилле 06.01.05



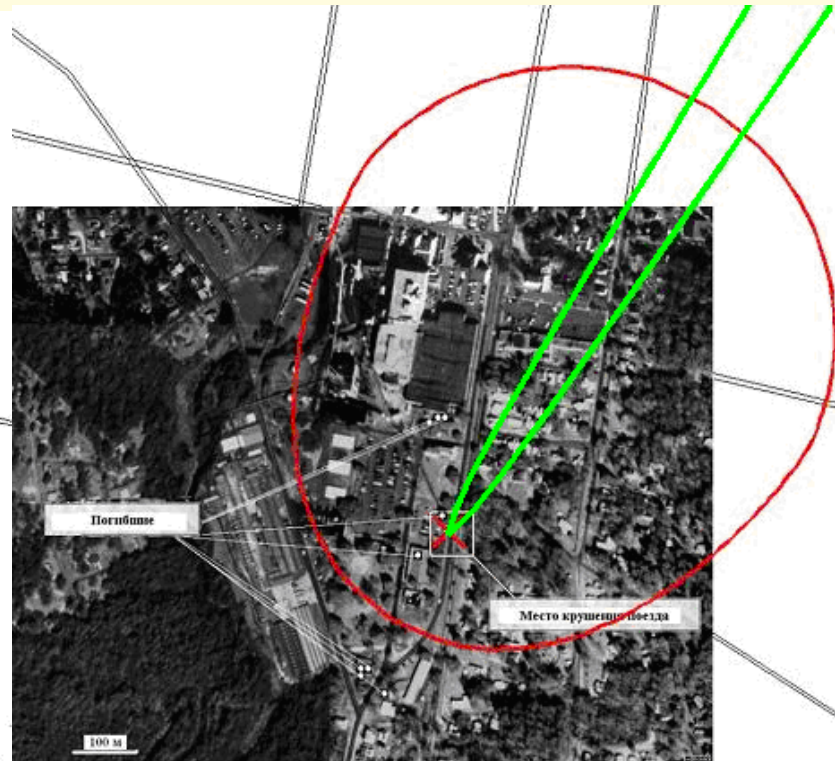
Распространение облака хлора



Расчетные зоны смертельного поражения при аварии в Грэнитвилле (США, 06.01.2005)



скорость ветра: 1 м/с



скорость ветра: 2 м/с

— «ТОКСИ-3»
РД-03-26-2007

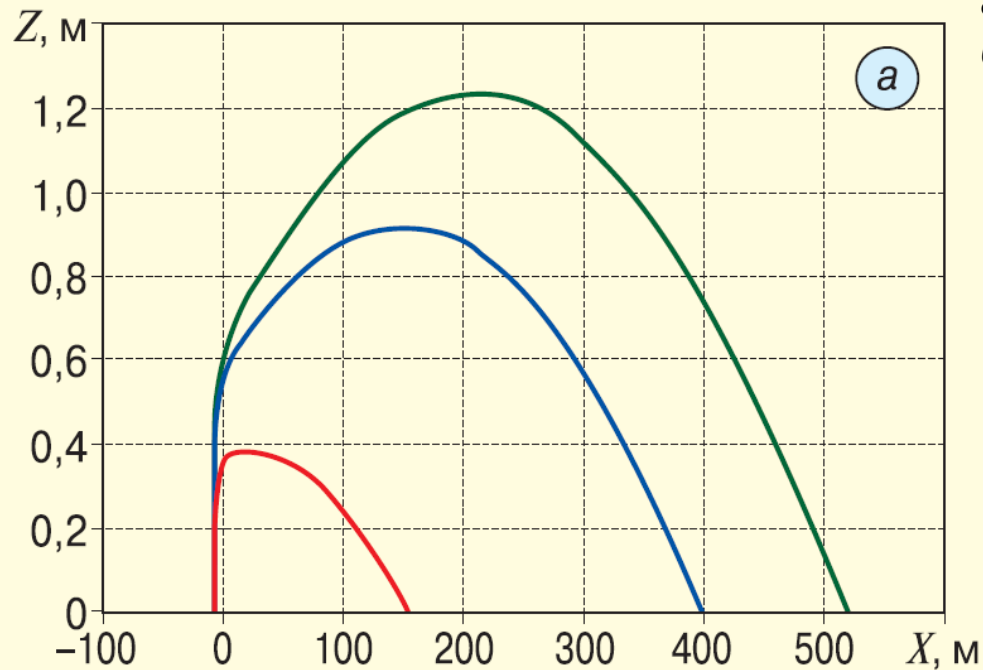
— «Гауссова» модель

Авария при обращении с пропаном
09.12.70
Порт-Хадсон (США, штат Миссури)

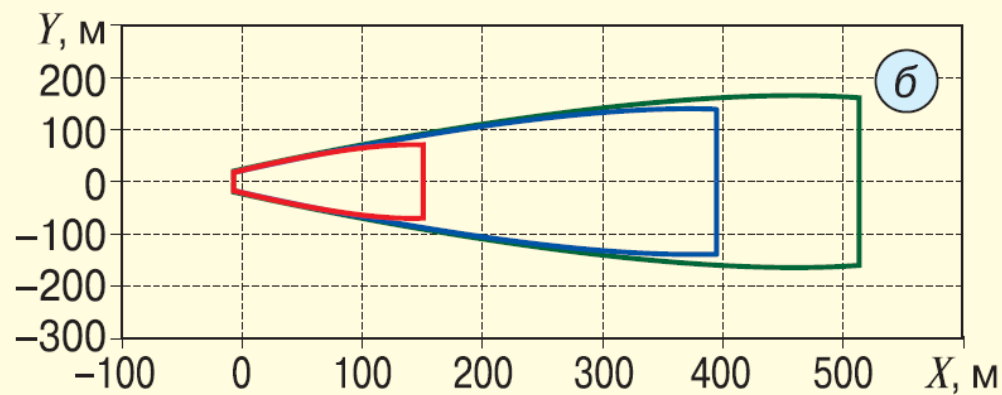
В результате разрыва 200-мм трубопровода, с **сжиженным пропаном** под давлением 60 атм, произошел выброс и взрыв облака. Между моментом разрушения и собственно взрывом имела место задержка в 24 минуты. Считается, что взрыв облака происходил в детонационноподобном режиме, т.е. скорость волны горения составляла от несколько сотен метров в секунду. Некоторые исследователи полагают, что имела место детонация. Последнее, однако, маловероятно, т.к. характер разрушений не подтверждает наличие избыточных давлений в облаке в несколько атмосфер. Масса взрывоопасной смеси на момент взрыва составил не менее 50 т.

Пострадало: 10 человек.

Рассчитанные в соответствии с «Токси-3» (РД-03-26—2007)
зоны взрывоопасных концентраций при аварии в Порт-Хадсон
(США, 09.12.70)



а — в вертикальном сечении вдоль ветра
б — на поверхности земли



— ВКВП

— $\frac{1}{2}$ НКВП

— НКВП

Аварии при обращении с аммиаком



Эвакуация людей при аварии с выбросом аммиака 20-30т, США, 2004



Спасибо за Ваше внимание!

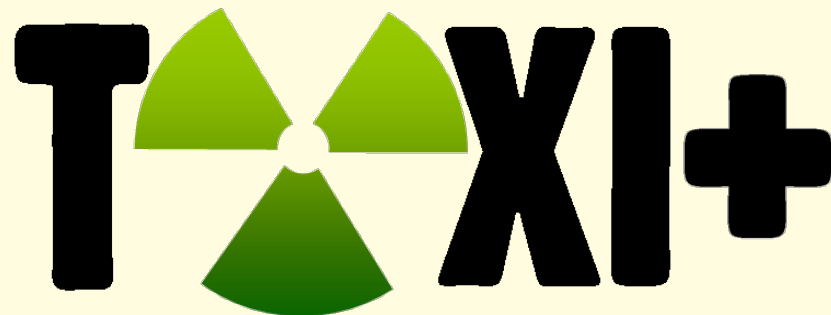
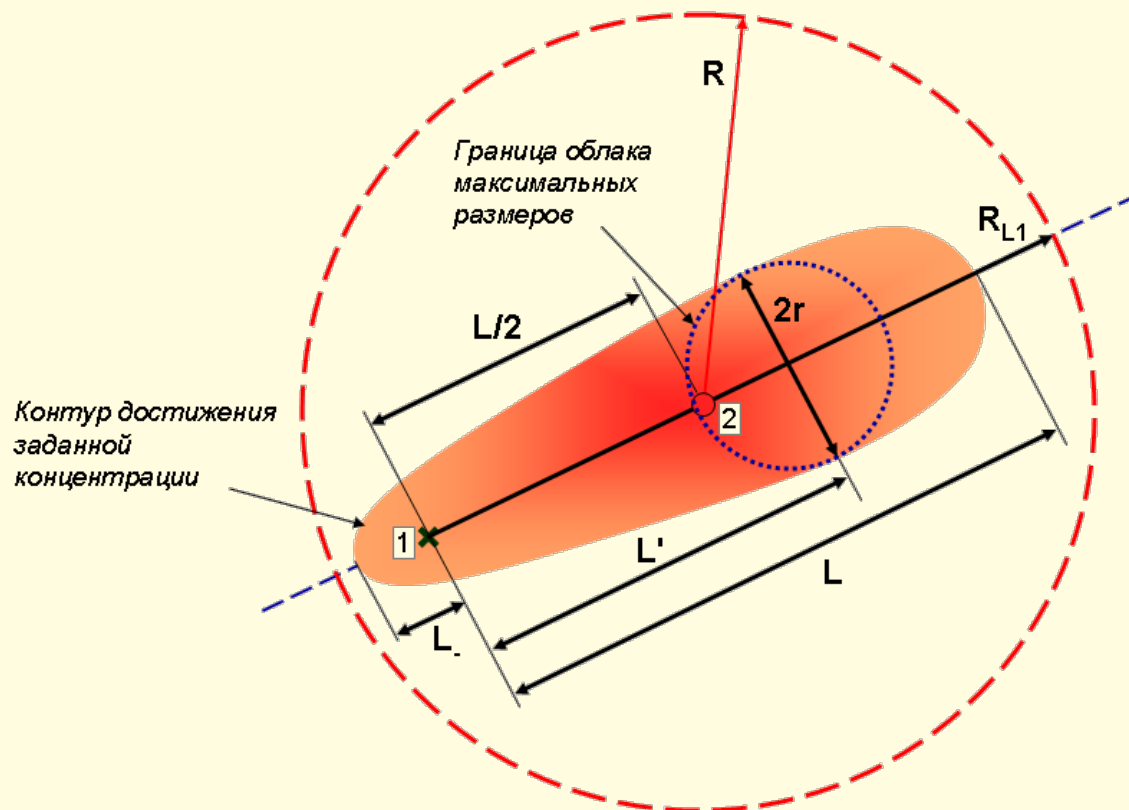


Схема распространения первичного и вторичного облаков ТВС при аварийном выбросе вскипающих жидкостей



1 – источник выброса опасного вещества

2 – источник инициирования взрывного превращения

L – максимальная дальность дрейфа облака ТВС в направлении ветра

$L_.$ – максимальное расстояние распространения облака ТВС в направлении против ветра

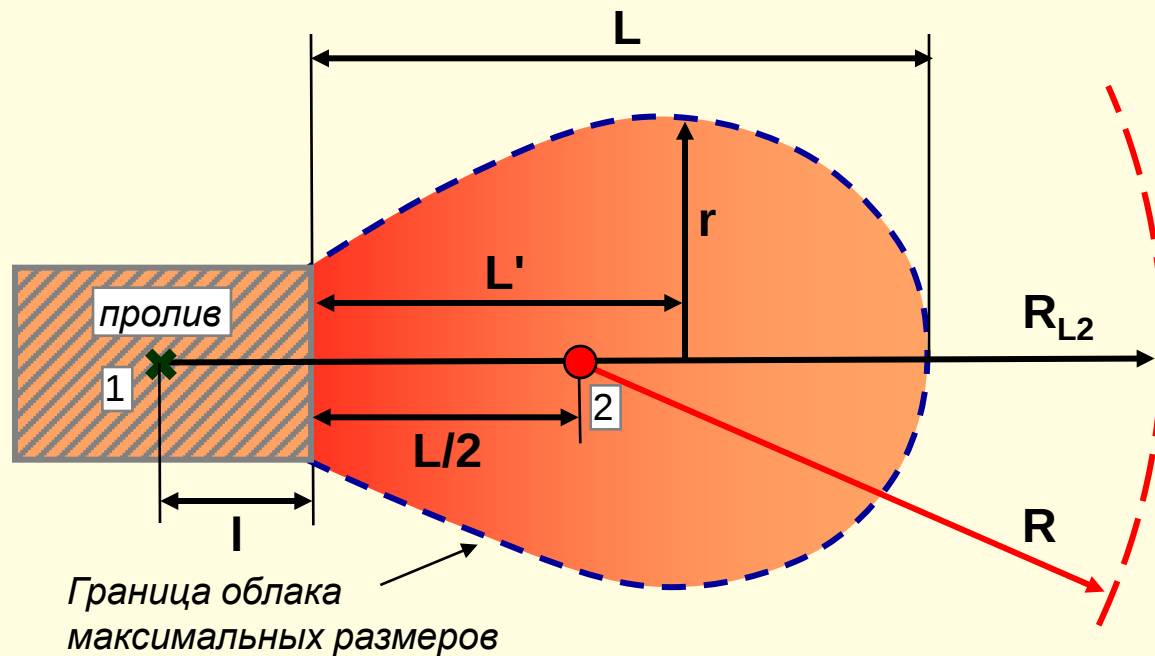
L' – расстояние от места выброса, на котором достигается максимальная ширина облака

r – полуширина облака ТВС

R – граница зоны избыточного давления при взрыве ТВС

R_{L1} – максимальный размер (от источника выброса) зоны поражения при взрыве с учетом дрейфа облака ТВС

Схема распространения вторичного облака ТВС при аварийном выбросе и испарении из пролива стабильных жидкостей



1 – источник выброса опасного вещества

2 – источник инициирования ТВС

3 – пролив

L – максимальная дальность дрейфа облака ТВС в направлении ветра

l – размер пролива в направлении ветра

L' – расстояние, на котором достигается максимальная ширина облака

r – полуширина облака ТВС

R – граница зоны избыточного давления при взрыве ТВС

R_{L2} – максимальный размер зоны поражения при взрыве с учетом дрейфа облака ТВС (от источника выброса)

Классы устойчивости атмосферы

РД-03-26-2007 Таблица 7.4

Скорость ветра, м/с	День				Сумерки	Ночь		
	Интенсивность солнечного излучения (Вт/м²)					Уровень облачности (восьмые доли)		
	сильная (>600)	умеренная (300-600)	слабая (<300)	сплошная облачность		0-3	4-7	8
≤2	A	A-B	B	C	D	F	F	D
2-3	A-B	B	C	C	D	F	E	D
3-5	B	B-C	C	C	D	E	D	D
5-6	C	C-D	D	D	D	D	D	D
≥6	C	D	D	D	D	D	D	D

Список литературы

1. *РД-03-26—2007*. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. — Сер. 27. — Вып. 6 / Колл. авт. — М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2008. — 124 с.
2. *РД 03-409—01*. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (с изменениями и дополнениями): Сб. документов: Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. — Сер. 27. — Вып. 2 / Колл. авт. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2006. — 208 с.
3. *Пчельников А.В., Лисанов М.В., Сумской С.И.* Моделирование рассеяния выбросов опасных веществ в атмосфере // *Российский химический журнал*. — 2005. — Т. XLIX. — № 4. — С. 18–28.
4. *Методика* оценки последствий химических аварий (Методика «Токси-1»). — 1993. — 19 с.
5. *Методика* оценки последствий химических аварий (Методика «Токси-2.2»): Сб. документов: Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. — Сер. 27. — Вып. 2 / Колл. авт. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2006. — 208 с.
6. *Методика* расчета распространения аварийных выбросов, основанная на модели «тяжелого» газа / А.А. Шаталов, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин и др. // *Безопасность труда в промышленности*. — № 9. — 2004. — С. 46–52.
7. *Верификация* методик для расчета рассеяния токсических выбросов / С.А. Губин, И.В. Маклашова, С.М. Лыков и др. // *Химическая промышленность*. — 1999. — № 10. — С. 58(662)–66(670).
8. *Верификация* методик оценки последствий аварийных выбросов газа от источников продолжительного действия / А.В. Пчельников, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин и др. // *Безопасность труда в промышленности*. — 2005. — № 8. — С. 28–35.
9. *Lonsdale H.* Ammonia tank failure – South Africa. CEP Technical Manual. — vol. 17. — A.IchemE. New York, 1975.
10. *Маршалл В.* Основные опасности химических производств. — М.: Мир, 1989. — 672 с.
11. *Collision of Norfolk Southern Freight Train 192 With Standing Norfolk Southern Local Train P22 With Subsequent Hazardous Materials Release at Graniteville, South Carolina January 6, 2005.* NTSB/RAR-05/04 PB2005-916304 Notation 7710A 490, 2005.
12. *Phillips Pipeline Company, Propane Gas Explosion, Franklin County, Missouri, December 9, 1970.* NTSB/PAR-72-01 PB-209876, 1972.
13. *Burgess D.S., Zabetakis M.G.* Detonation of a flammable cloud following a propane pipeline break. — US Bureau of Mines, R.I.7752, 1972.
14. *Lees F.P.* Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment, and Control. — Vol. 3. — Oxford – Butterworth-Hinemann, 1996.
15. *Makhviladze G.M., Yakush S.E.* Proc. of the 29th Int. Symp. on Comb. — 2002. — P. 195–210.

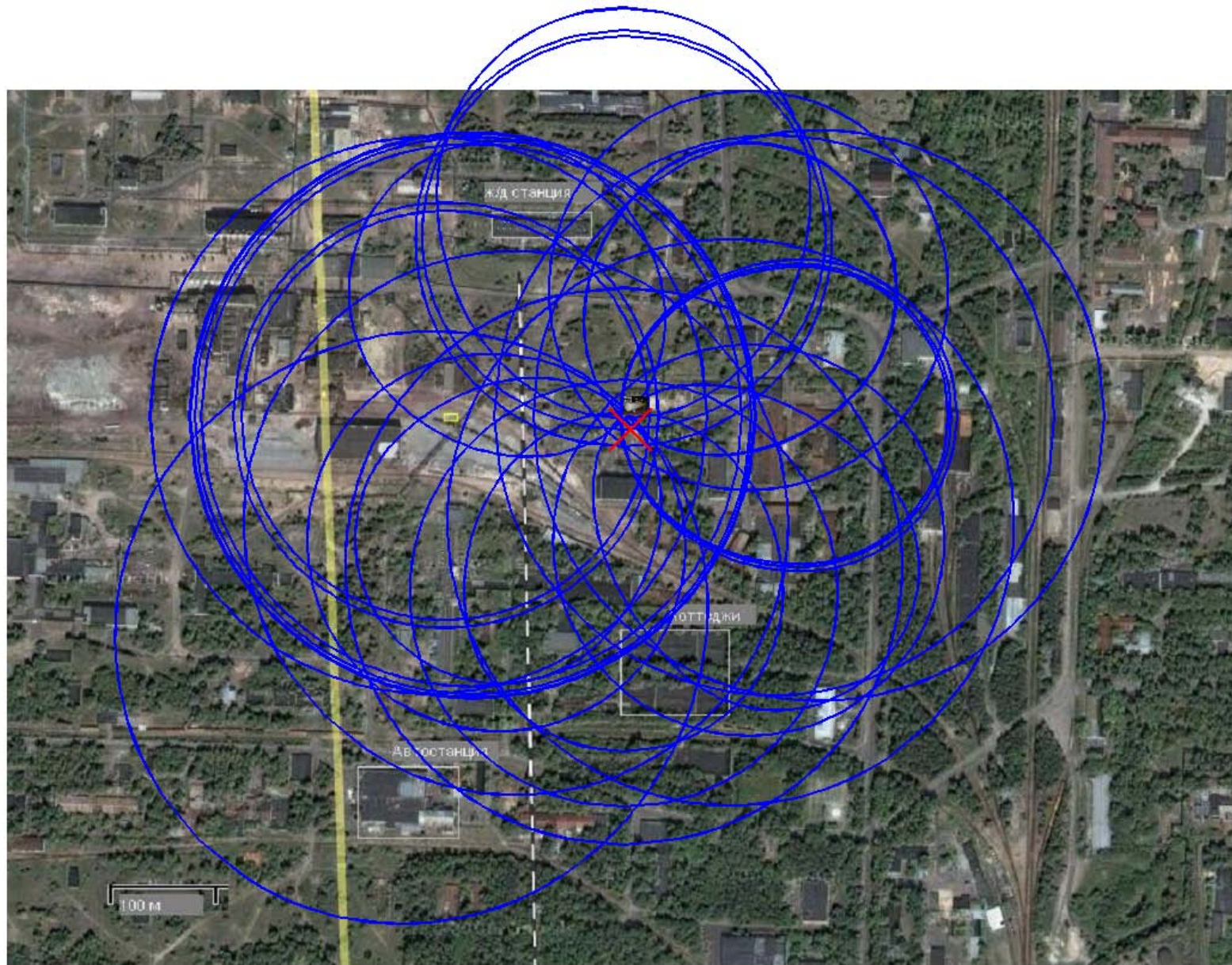


ТОКСИ+risk позволяет проводить расчеты не только зон поражения по всем методикам, входящим в комплекс **ТОКСИ+** предыдущих версий, но и строить поля потенциального риска, рассчитывать показатели риска, в том числе индивидуальный, коллективный, социальный риски (F/N кривые).

Особенностью **ТОКСИ+risk** является возможность учета:

- расположения и характеристик оборудования, а также объектов, подверженных риску (люди, здания и сооружения, дороги), с привязкой к ситуационному плану;
- метеостатистики;
- вероятности возникновения событий.

Пример результата пакетного расчета зон пороговых токсодоз с помощью программного комплекса TOXI+Risk



Пример поля потенциального риска, рассчитанного с помощью программного комплекса TOXI+Risk

