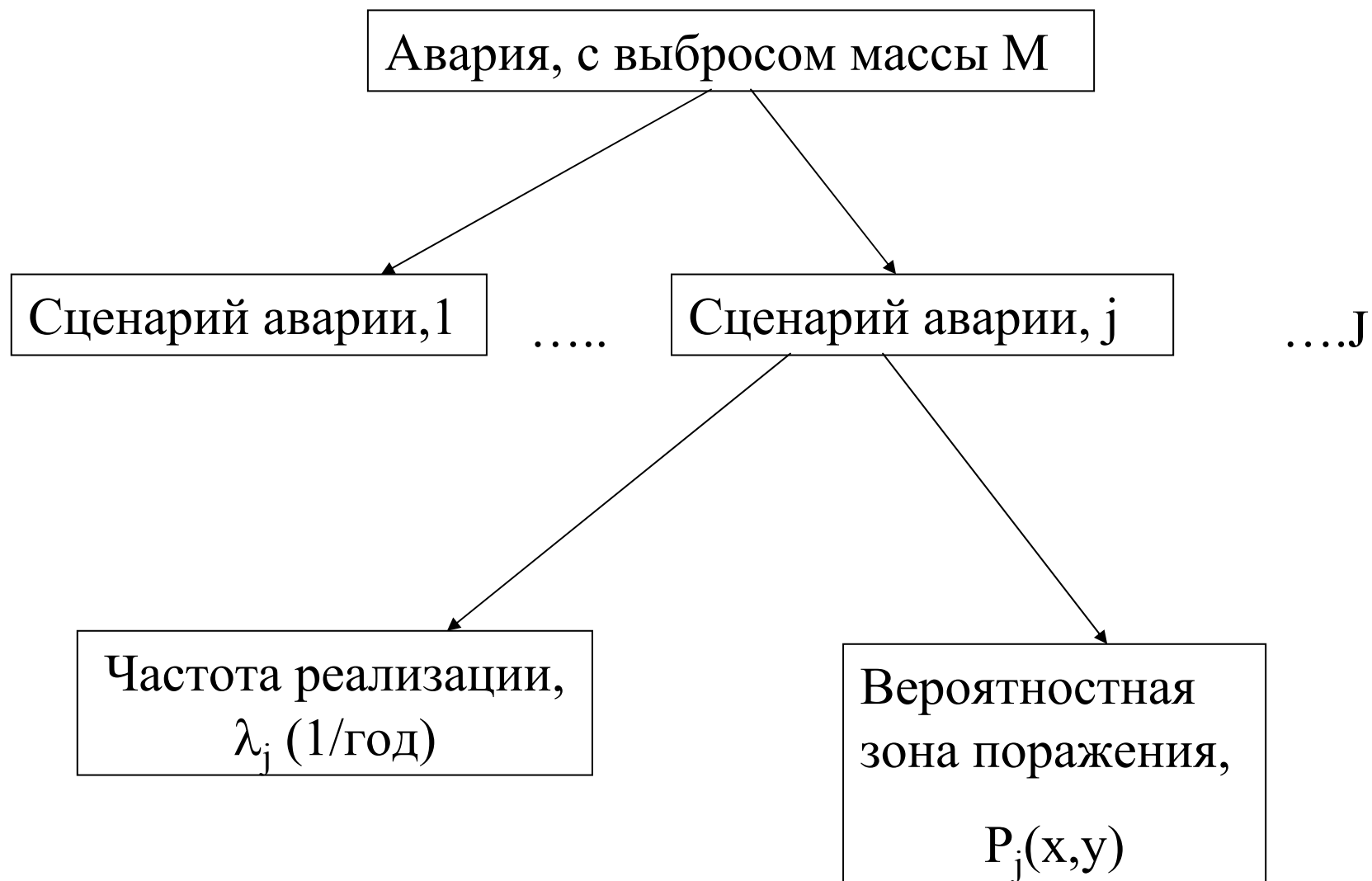


**В.С.Сафонов (ООО «ВНИИГАЗ»),
А.А.Швыряев (МГУ им. М.В.Ломоносова)**

**Опыт использование методологии анализа
риска для предприятий
ОАО «ГАЗПРОМ»**

- 1. Отраслевое руководство по анализу и управлению риском, связанным с техногенным воздействием на человека и окружающую среду при сооружении и эксплуатации объектов добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородного сырья с целью повышения их надежности и безопасности, утвержденное членом Правления РАО «ГАЗПРОМ» Ремизовым В.В. 19 марта 1996 г.**
- 2. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах: Серия 27. Выпуск 1 / Колл. Авторы. 2-е изд., испр. М.: ГУП «Научно-технический центр Госгортехнадзора России», 2002. – 120с.**
- 3. СТО Газпром РД 39-1.10-084-2003. «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»». Том 1, 2. Утвержден заместителем Председателя Правления ОАО «Газпром» А.Г. Ананенковым 12.08.2003 г. Введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 12.11.2003 г. №269.**



Потенциальный риск в точке (x,y)

$$R(x,y) = \sum_1^J \lambda_j * P_j(x,y)$$

Распределение персонала или населения
на рассматриваемой территории (N(x,y))

Распределение субъектов по уровням
риска, N(R)

Коллективный риск на территории, F

$$F = \int_s N(x,y) * R(x,y) * ds$$

Средний индивидуальный риск на территории, R_{ind}

$$R_{ind} = F / N_R$$

где N_R - количество субъектов, подверженных риску

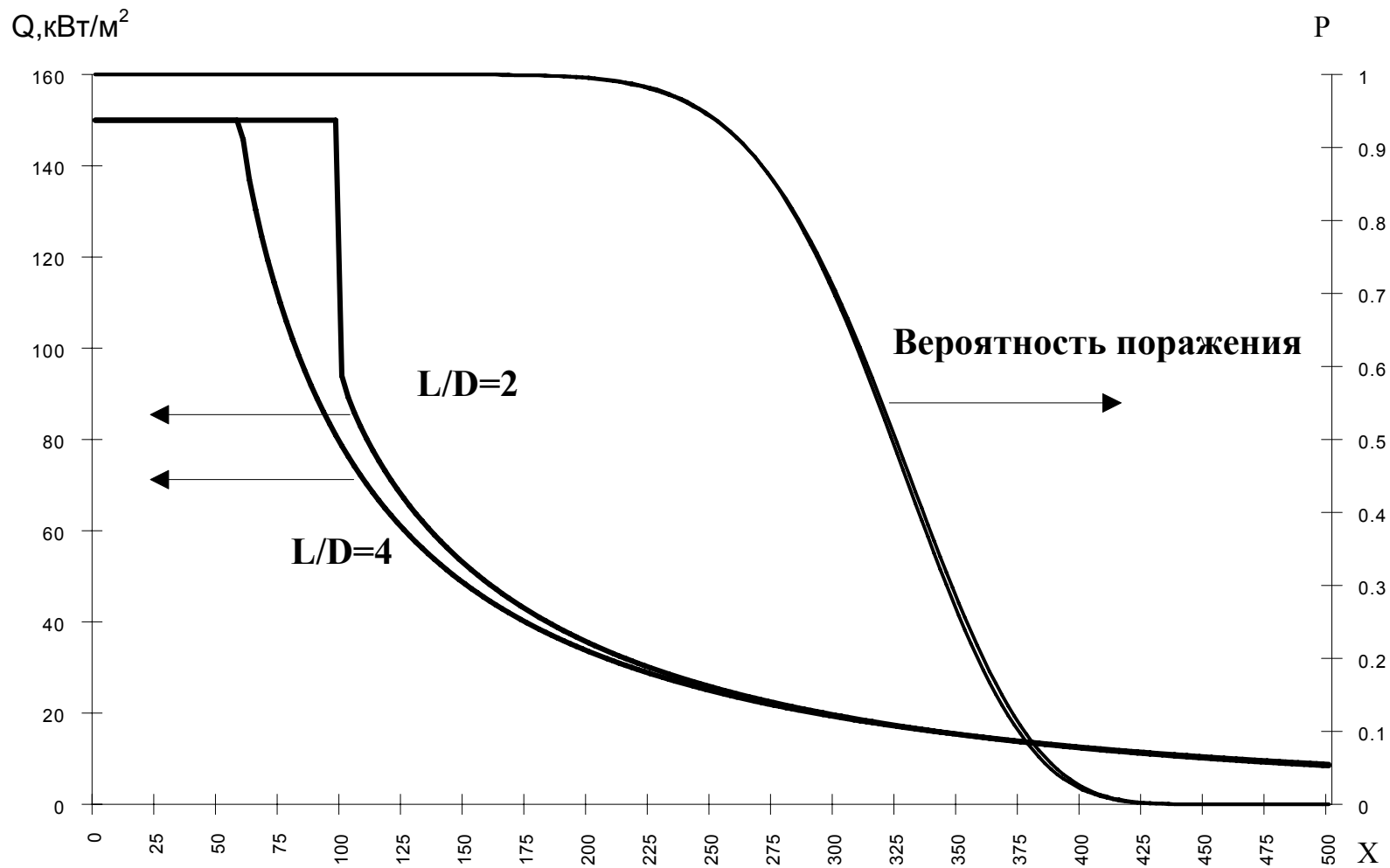
$$N_R = \int_S N(x, y) * ds, \quad \in R(x, y) > 0$$

Зная λ_j , $P_j(x, y)$ и $N(x, y)$, можно оценить социальный риск для каждого из сценариев аварии.

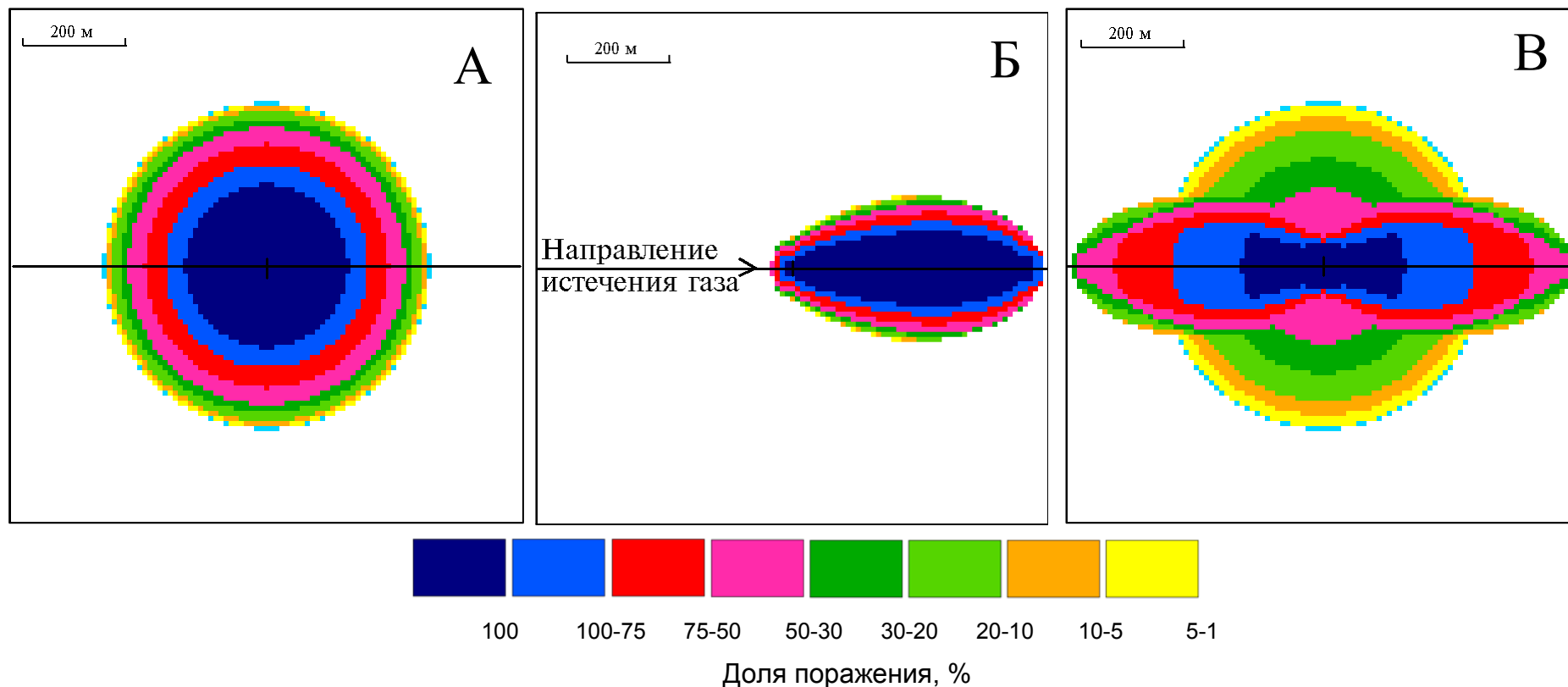
$$N_{*j} = \int_S N(x, y) * P_j(x, y) * ds$$

т.е. построить зависимость

$$f(N_k) = \sum \lambda_j, \quad \text{где } N_{*j} < N_k$$



Тепловой поток ($Q(x)$) и доля поражения ($P(x)$) от термической радиации при пожаре в котловане для газопровода $\varnothing 1400$ в зависимости от расстояния от центра пожара (x). Мощность истечения газа из двух концов трубопровода 7000 кг/с.



Вероятностные зоны термического поражения людей для сценариев

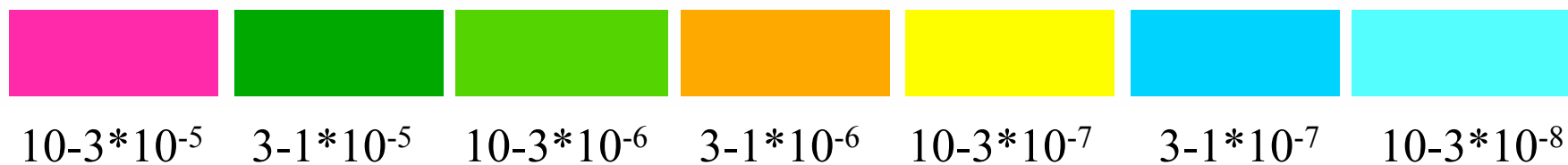
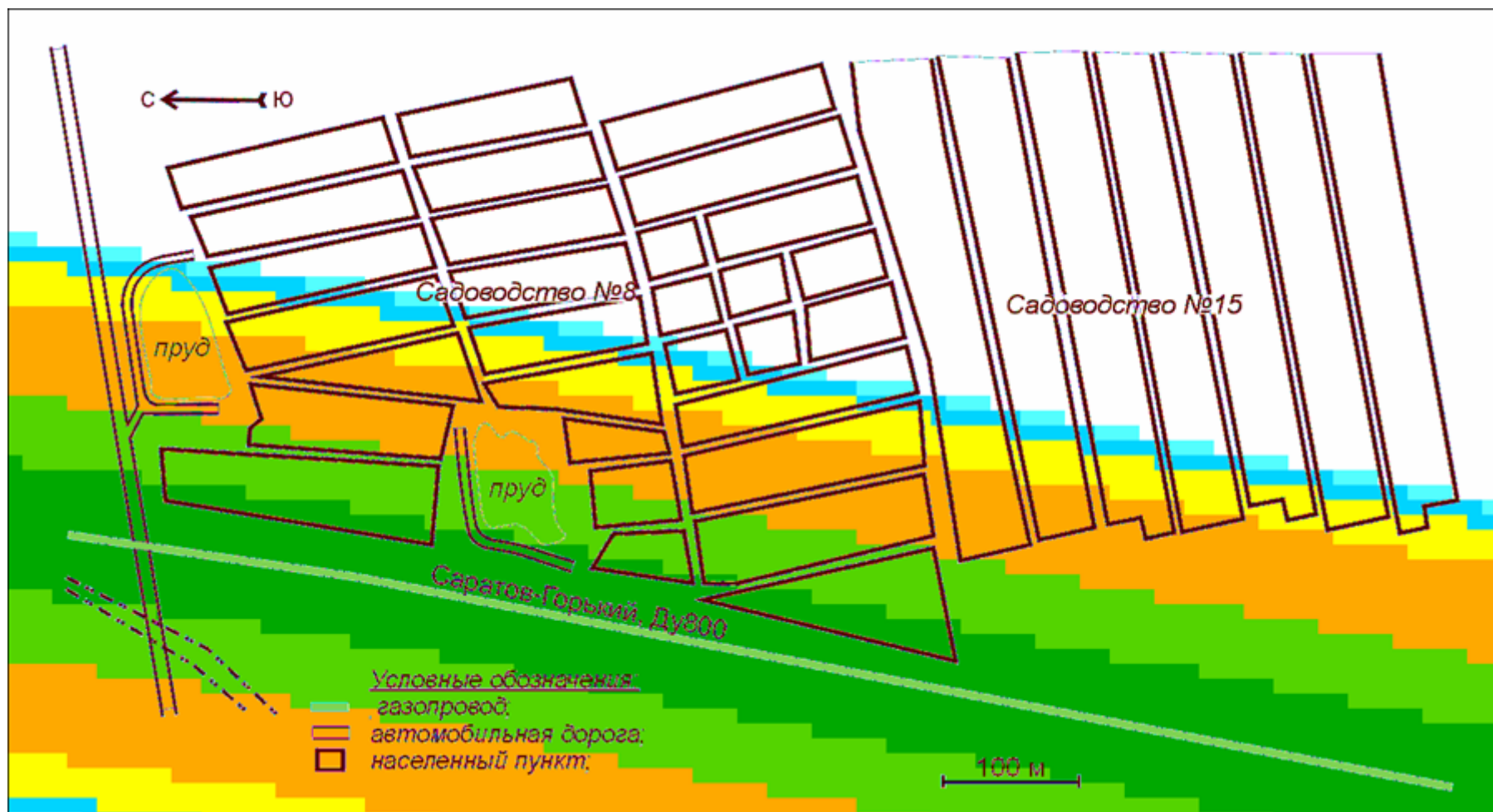
А - “пожар в котловане” с интенсивностью выброса газа 4000 кг/с

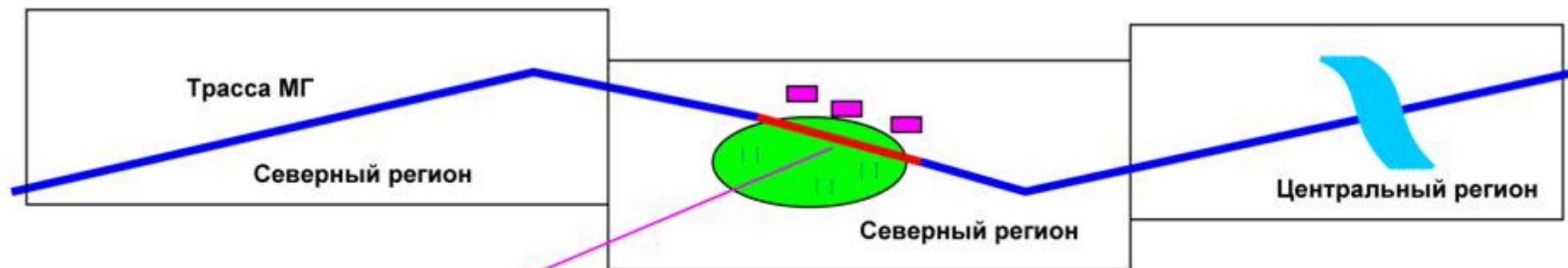
Б - однонаправленного настильного “струевого пламени” с интенсивностью выброса газа 2000 кг/с

В - суммарная зона из двух концов газопровода с интенсивностью 2×2000 кг/с с долей сценариев: “пожар в котловане” – 0,3; “струевое пламя” – 0,7)



Ситуационный план места нарушения минимального
безопасного расстояния от газопровода



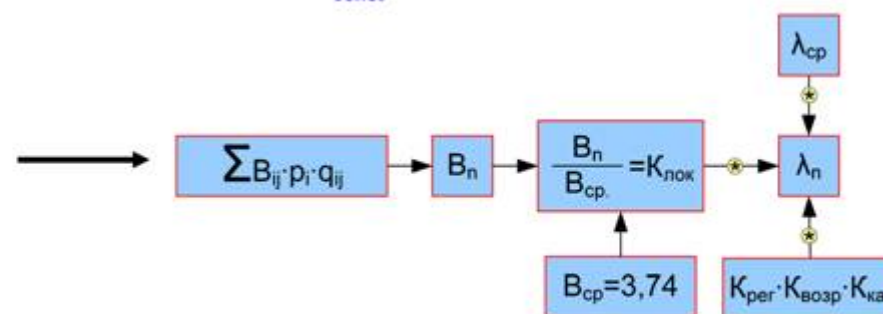


Балльная оценка наблюдаемых факторов влияния

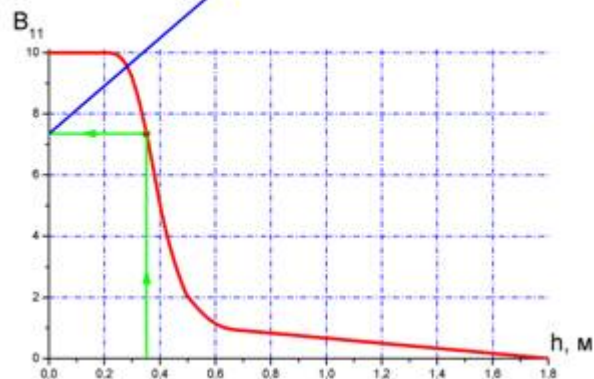
Группа ФВ	Фактор влияния (ФВ)	Натуральное значение ФВ	Балльная оценка ФВ (B_{ij})	$B_{ij} \cdot p_i \cdot q_{ij}$
GF ₁ : Возможные мех. воздействия со стороны 3-х лиц	F ₁₁ : Минимальная глубина заложения МГ	0,35 м	7,25	0,18
GF ₅ : «Качество СМР»	F ₅₁ : Категория участка по сложности СМР	Категория II (болото Кго типа)	6,0	0,24
GF ₇ : Уровень технической эксплуатации	F ₇₂ : Техническая оснащённость ЛПУМГ	55 %	5,6	0,06

$$\lambda_n = \lambda_{cp} \cdot K_{вл} = \lambda_{cp} \cdot K_{рег} \cdot K_{возр} \cdot K_{кат} \cdot \frac{B_n}{B_{cp}} = \lambda_{cp} \cdot K_{рег} \cdot K_{возр} \cdot K_{кат} \cdot \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_i \cdot q_{ij} \cdot B_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_i \cdot q_{ij} \cdot B_{ij}^{(cp)}}$$

λ_{cp} is a constant value.



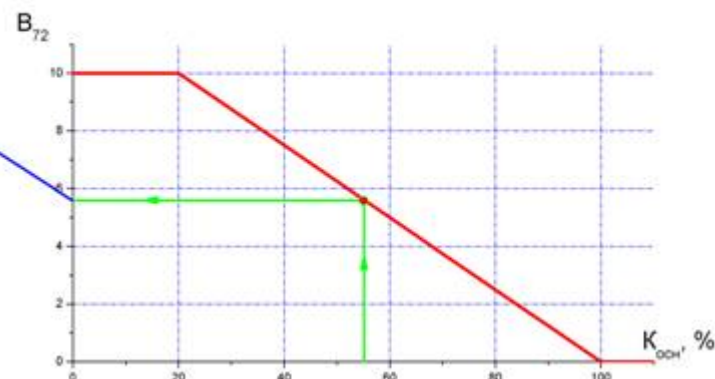
Балльно-факторная функция для фактора F₁₁ «Минимальная глубина заложения МГ»

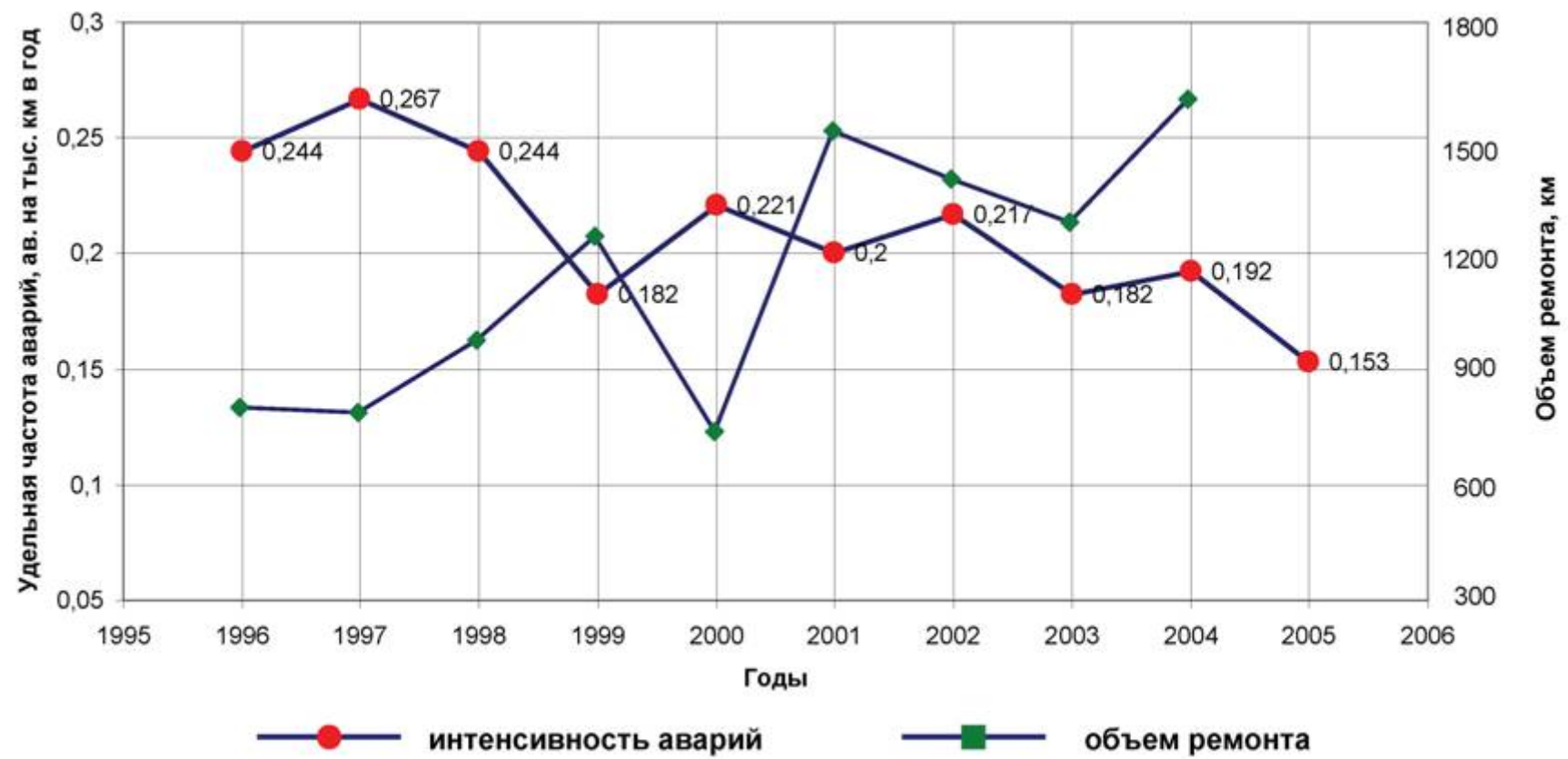


Балльно-факторная функция для фактора F₅₁ «Категория участка по сложности СМР»

Возможные значения для F ₅₁	B ₅₁
Категория I	8-10
Категория II	4-7
Категория III	1-3
Равнинные сухие участки	0

Балльно-факторная функция для фактора F₇₂ «Техническая оснащённость ЛЭС»



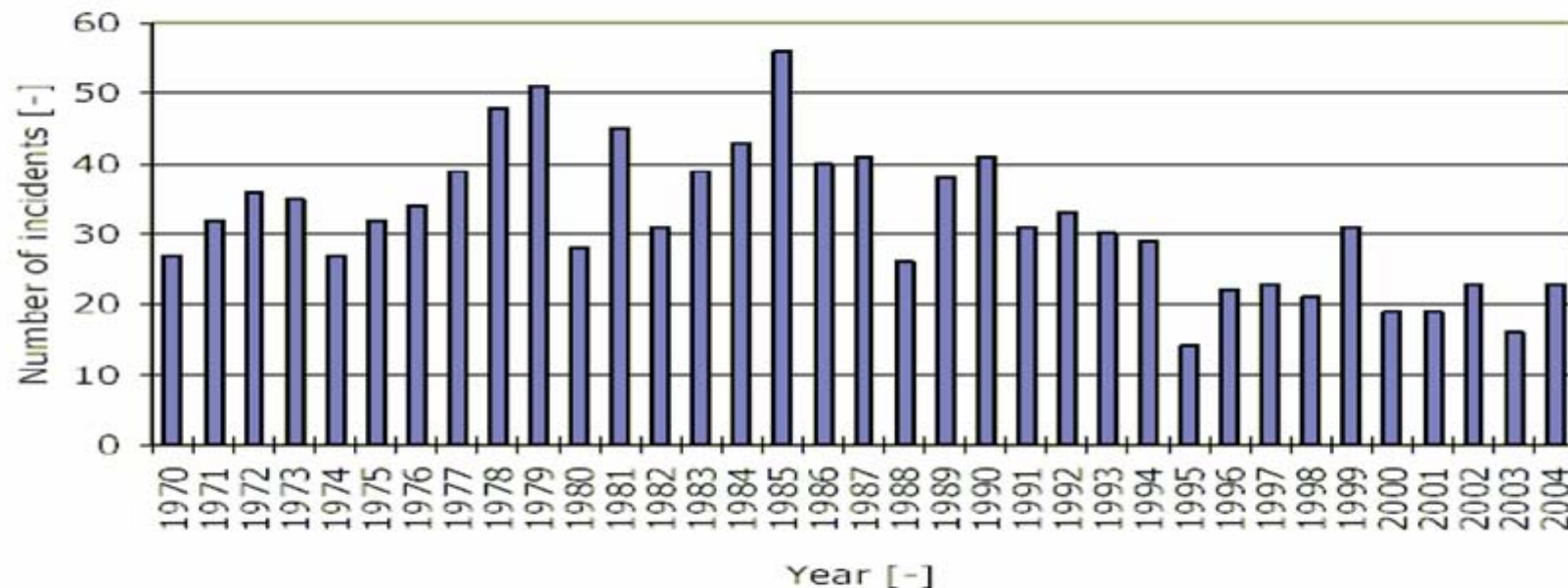


**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЧИСЛА АВАРИЙ ПО ПРИЧИНАМ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И
ДИАМЕТРАМ ГАЗОПРОВОДОВ ОАО "ГАЗПРОМ" ЗА ПЕРИОД 1996 ПО 2005 Г.Г.
(АВАРИЙ НА ТЫС. КМ В ГОД)**

Причина аварии	Наружный диаметр, мм									Общий тог
	219	273	325	530	720	820	1020	1220	1420	
Внутренняя коррозия и эрозия				0.008	0.009					0.001
Дефект оборудования заводской поставки	0.007		0.021					0.004	0.004	0.004
Дефект соединительных деталей тр-дов								0.004	0.002	0.001
Дефект труб			0.021	0.017	0.026	0.075	0.035	0.046	0.010	0.022
Диверсия	0.007	0.027	0.010				0.006	0.046	0.004	0.012
Наружная коррозия без учета КРН			0.021	0.017	0.035	0.050	0.035	0.012		0.013
Нарушение условий и режимов эксплуатации					0.008 7 4		0.006			0.001
Повреждение при эксплуатации	0.081	0.054	0.041	0.034	0.026	0.075	0.023	0.008	0.002	0.023
Прочие причины		0			0.009					0.001
Стихийное бедствие	0.066		0.010	0.051	0.009			0.004	0.004	0.013
Стресс-коррозия				0.008	0.035		0.076	0.189	0.098	0.076
Строительные дефекты	0.015	0.081	0.010	0.017	0.044	0.100	0.059	0.089	0.025	0.041
Усталостные разрушения			0.010							0.001
Общий итог	0.176	0.162	0.144	0.152	0.201	0.299	0.240	0.401	0.150	0.209

The 6th EGIG Report – Primary Failure Frequencies

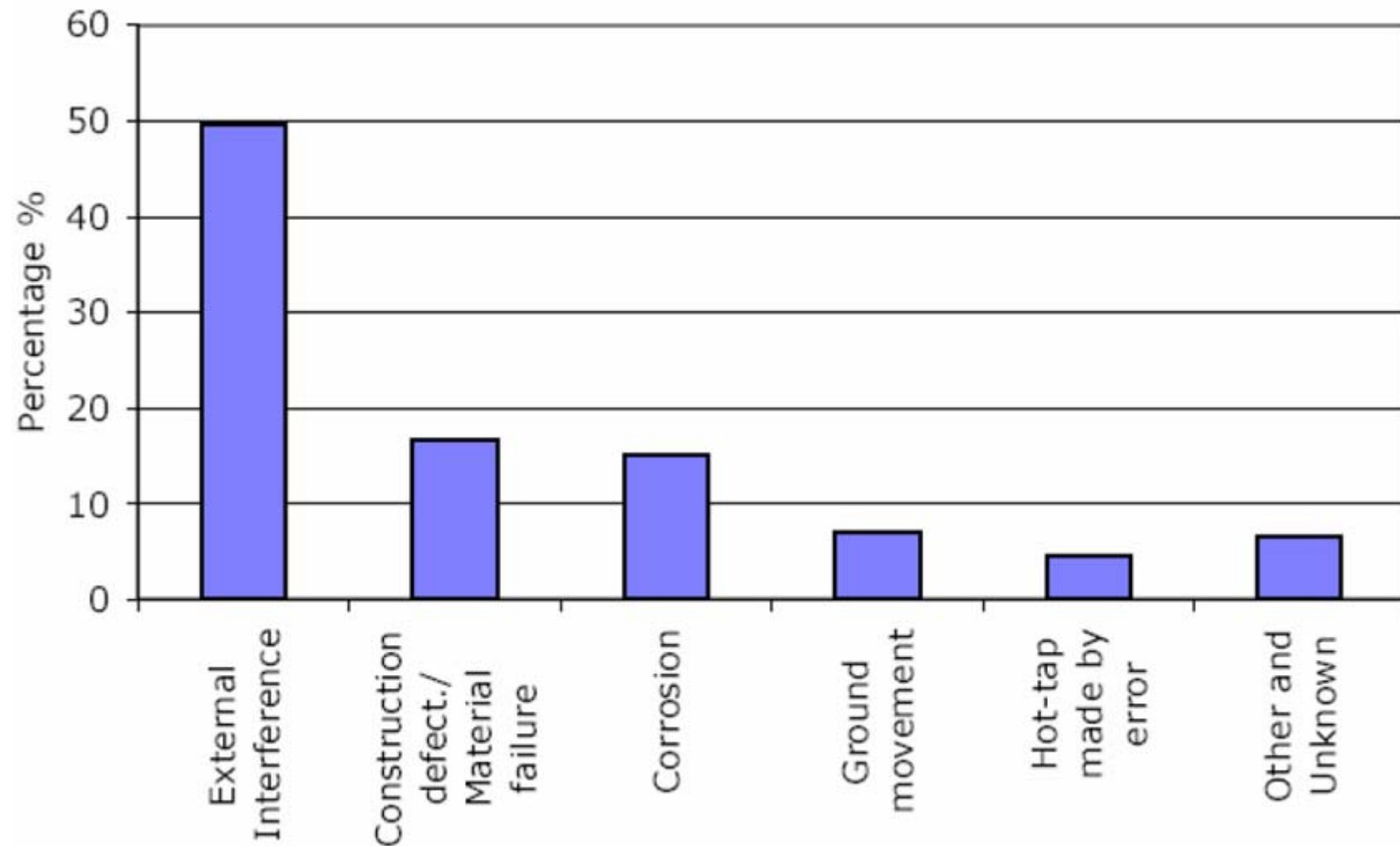
- Annual number of incidents is variable, averaging yields an improvement trend
- Failure frequency over the last 5 years is less than half that of the entire period (0.11 / 1000 miles.yr vs. 0.25 / 1000 miles.yr)



Period	Number of incidents [-]	Total system exposure [km.yr]	Primary failure frequency [1000 km.yr]
1970-2004	1123	$2.77 \cdot 10^6$	0.41
2000-2004	100	$0.57 \cdot 10^6$	0.17
2004	23	$0.12 \cdot 10^6$	0.19

The 6th EGIG Report – Distribution per Cause

- External interference accounts for the largest part of incidents - 50 %
- Corrosion & Construction defects / material failures: 15 – 17 %
- The three other causes are marginal, around 7 % and below



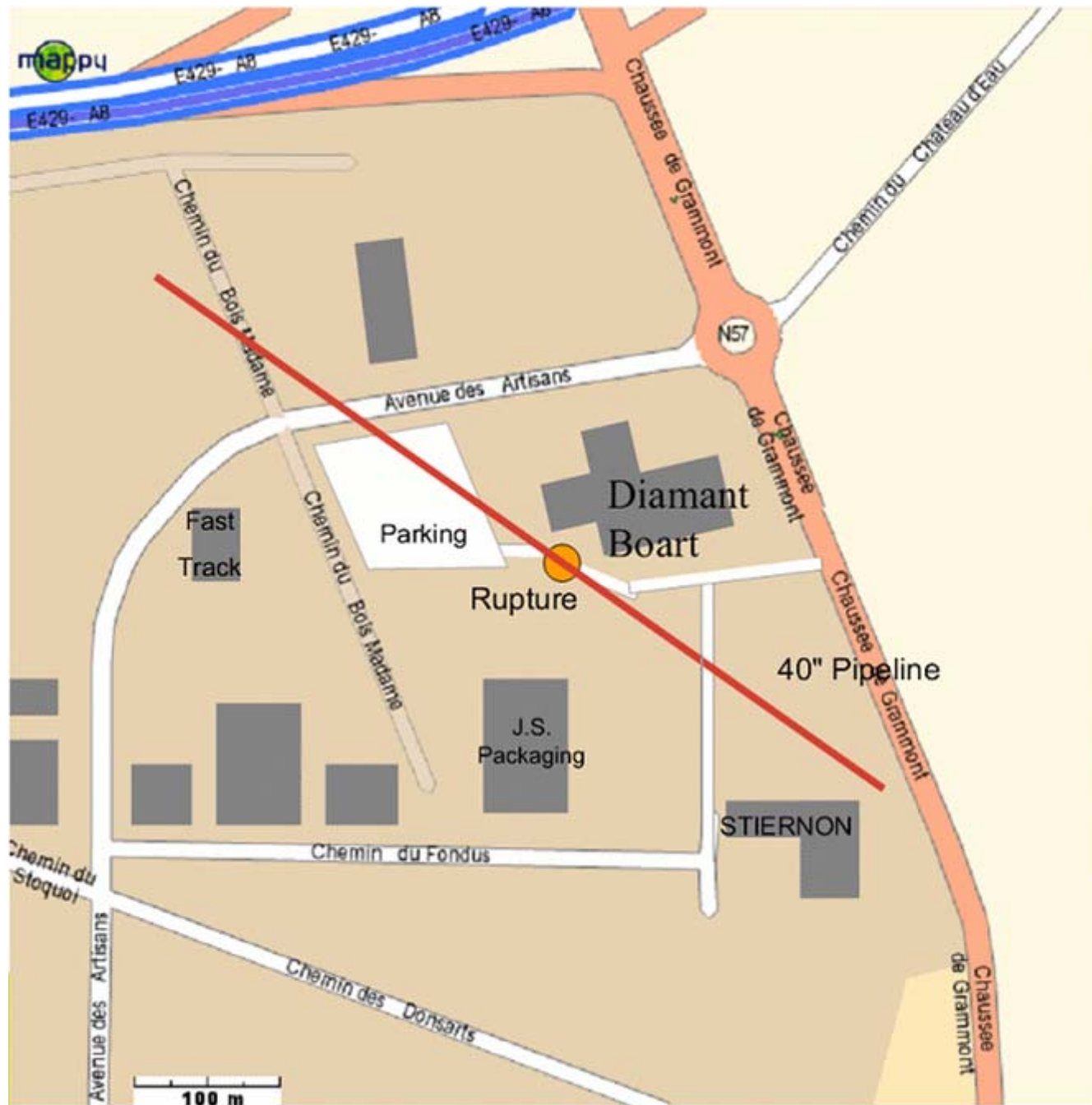
Comparison of actual and predicted total third party activity failure frequency for EGIG data

Diameter Range [mm]	Diameter midpoint [mm]	Actual total failure frequency (1000 km-year) ⁻¹	Predicted total failure Frequency (1000 km-year) ⁻¹
0-100	100	0.702	0.719
125-250	187	0.409	0.429
300-400	350	0.191	0.163
450-550	500	0.061	0.067
600-700	650	0.018	0.027
750-850	800	0.012	0.011
900-1000	950	-	0.005
1000-	1050	-	0.002

Data in **bold** is predicted.

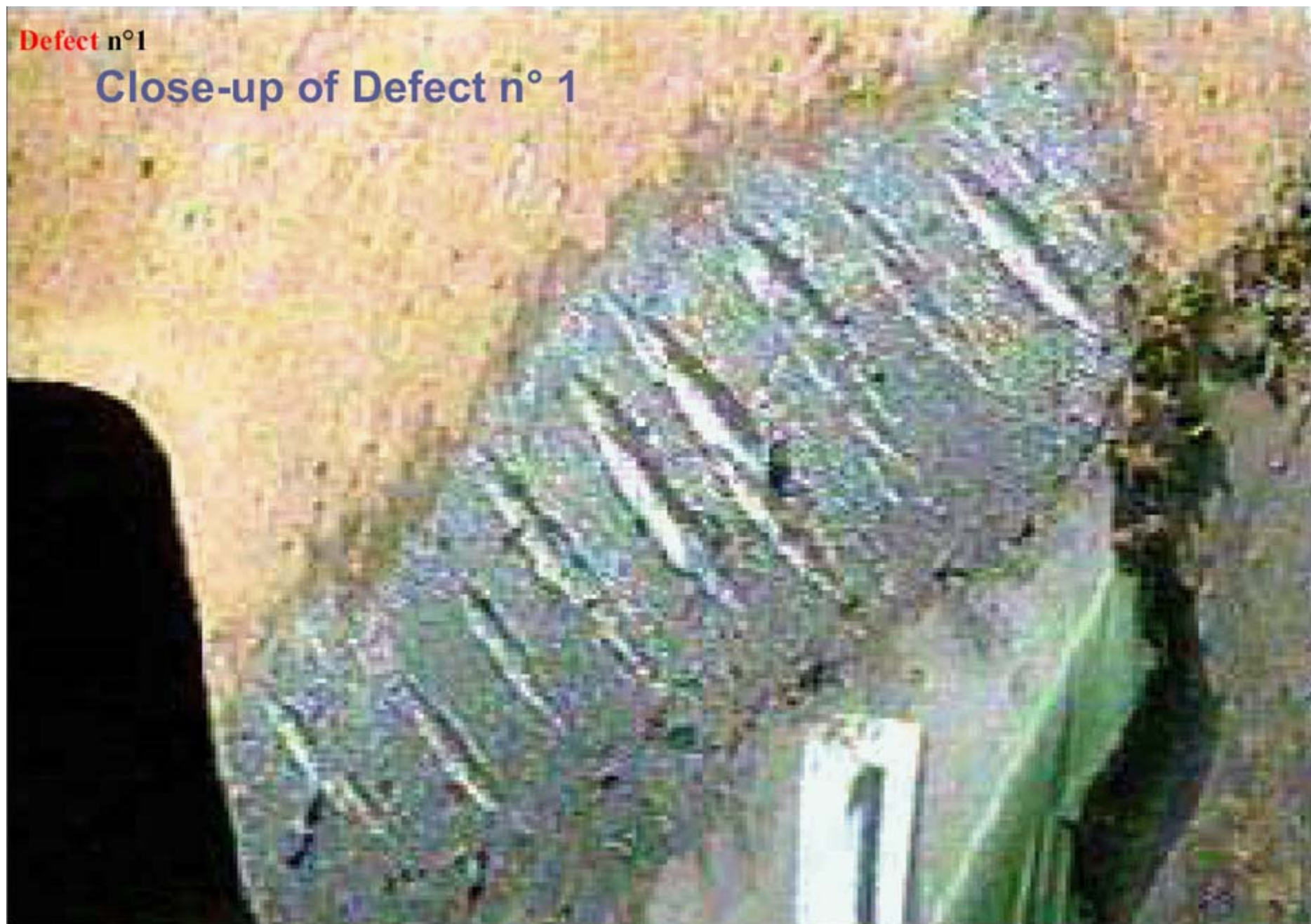
Distribution factors applied to damage classifications for all diameter ranges

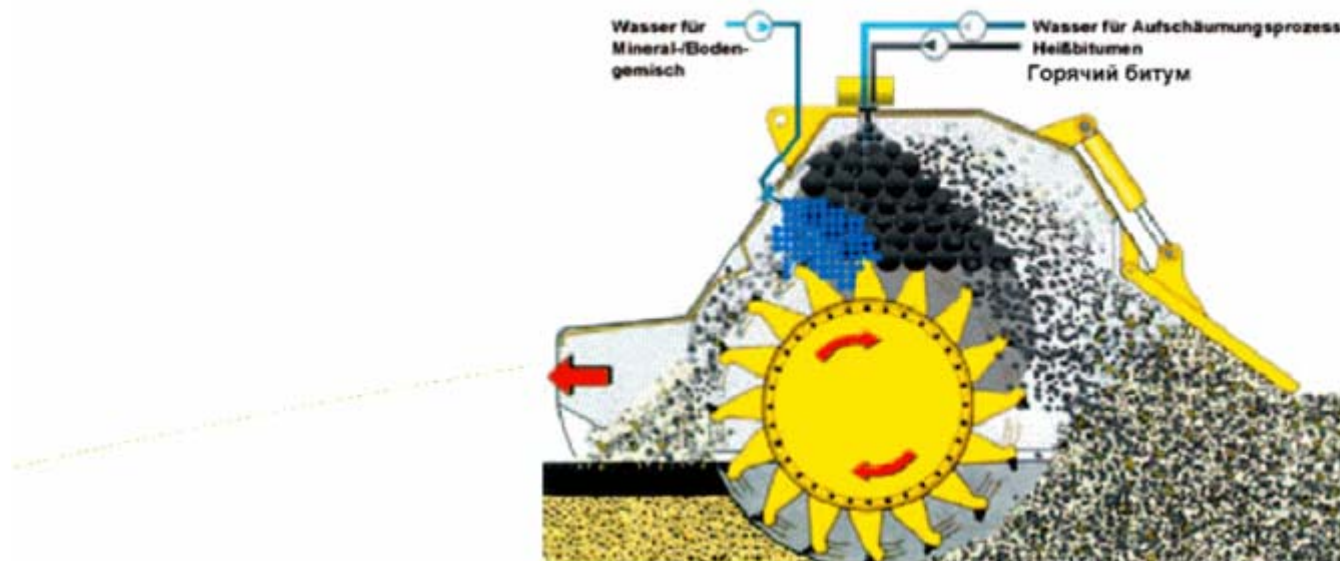
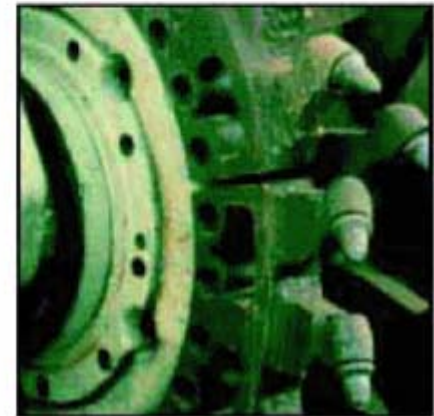
Diameter Range [mm]	Diameter Midpoint [mm]	Damage classification (1000 km-year) ⁻¹			Total (1000 km-year) ⁻¹
		Pinhole	Hole	Rupture	
0-100	100	0.202	0.343	0.174	0.719
125-250	187	0.121	0.205	0.104	0.429
300-400	350	0.046	0.078	0.039	0.163
450-550	500	0.019	0.032	0.016	0.067
600-700	650	0.008	0.013	0.007	0.027
750-850	800	0.003	0.005	0.003	0.011
900-1000	950	0.001	0.002	0.001	0.005
1000+	1050	0.001	0.001	0.001	0.002



Defect n°1

Close-up of Defect n° 1



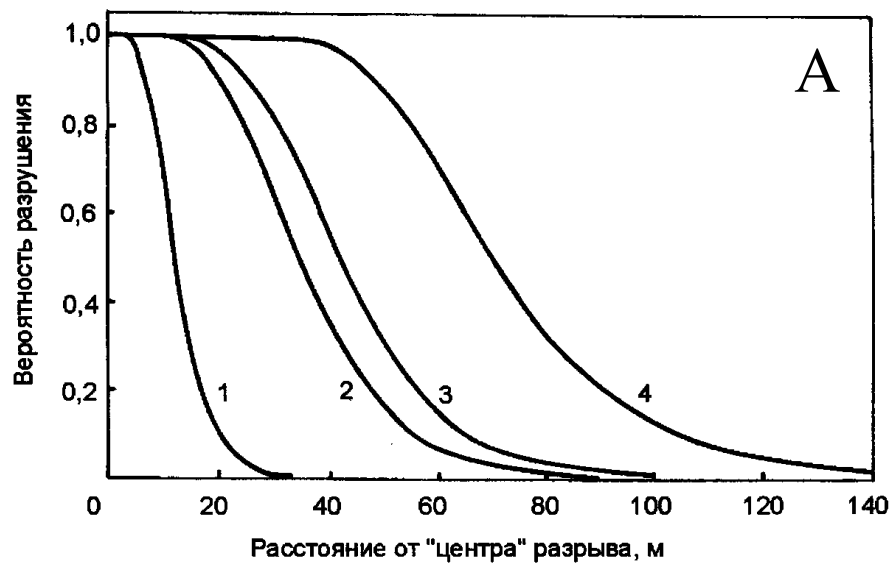




DN900

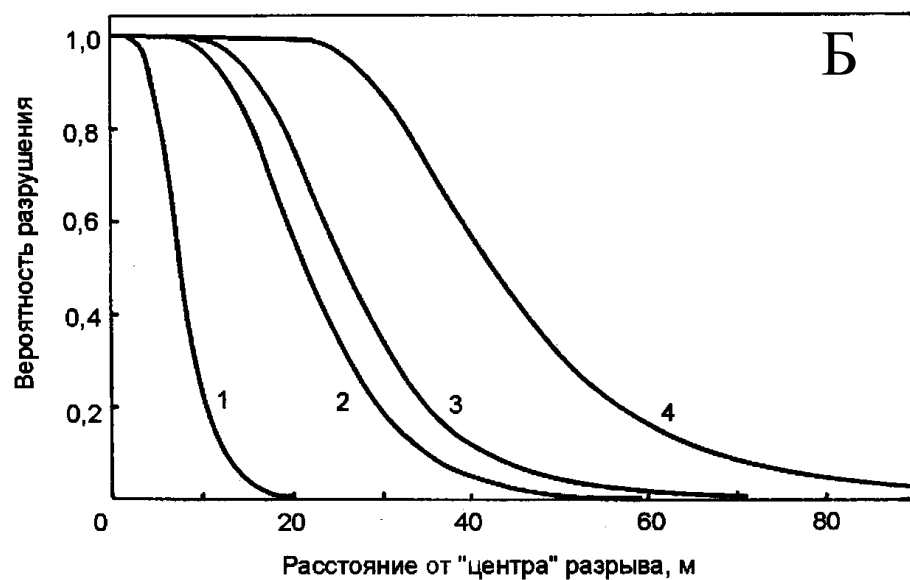
DN1000





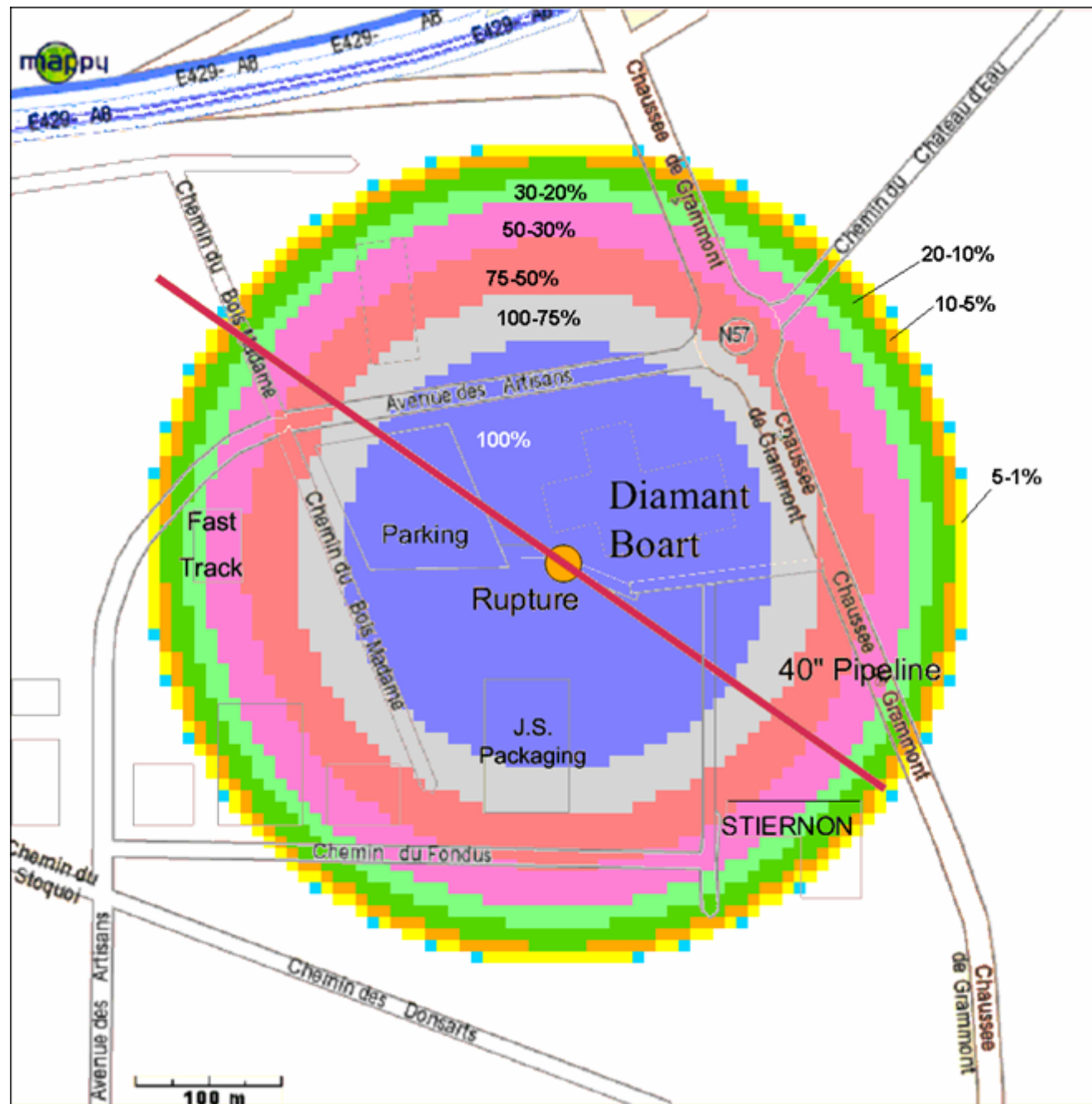
Зависимость вероятности частичного (А) и полного (Б) разрушения кирпичных (легких каркасных) зданий при разрывах газопроводов

- 1 – D_y 700 мм, P=55 ати;
- 2 – D_y 1000 мм, P=55 ати;
- 3 – D_y 1200 мм, P=55 ати;
- 4 – D_y 1400 мм, P=75 ати.









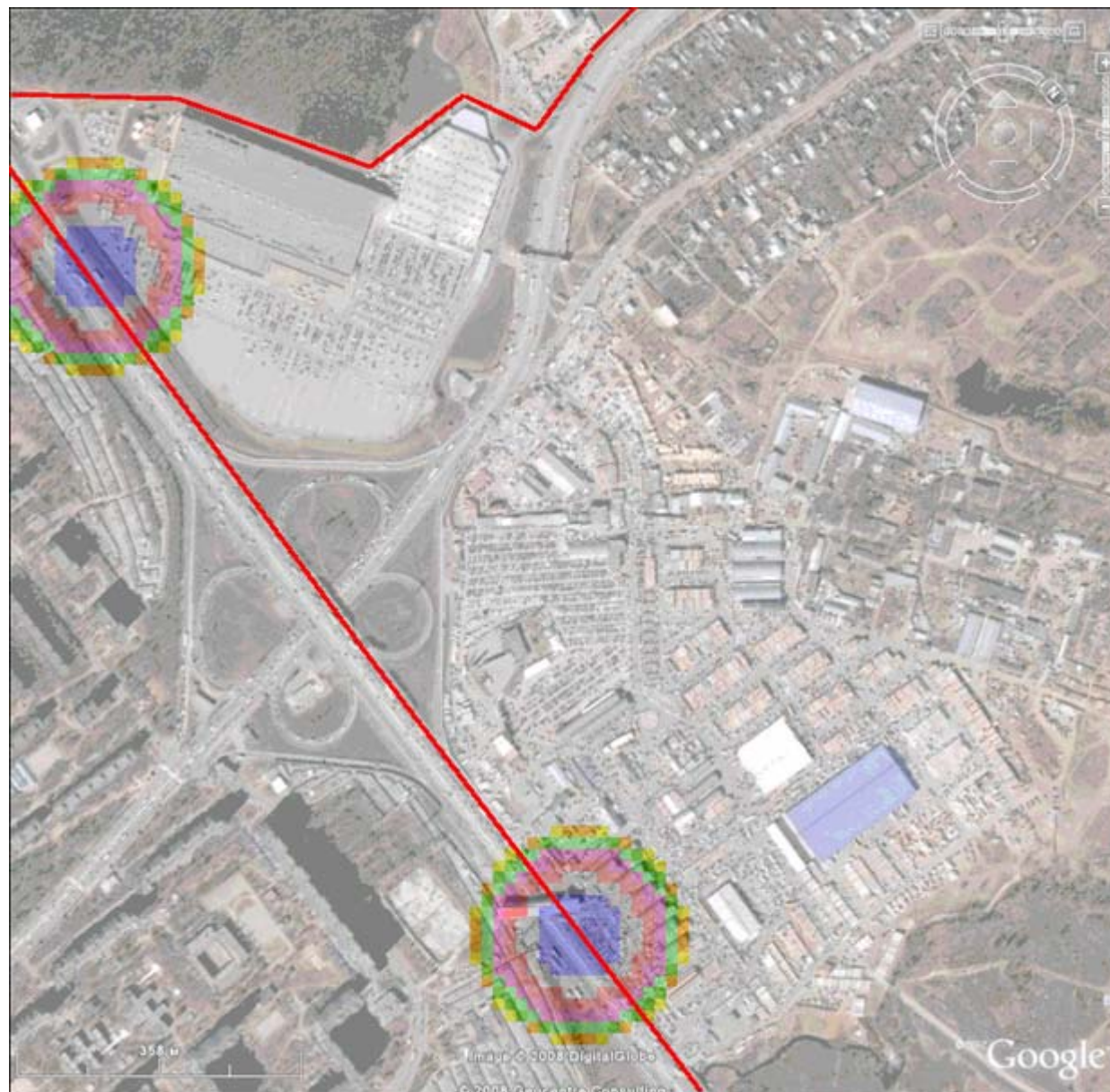


Diamant
Boart

J.S Packaging

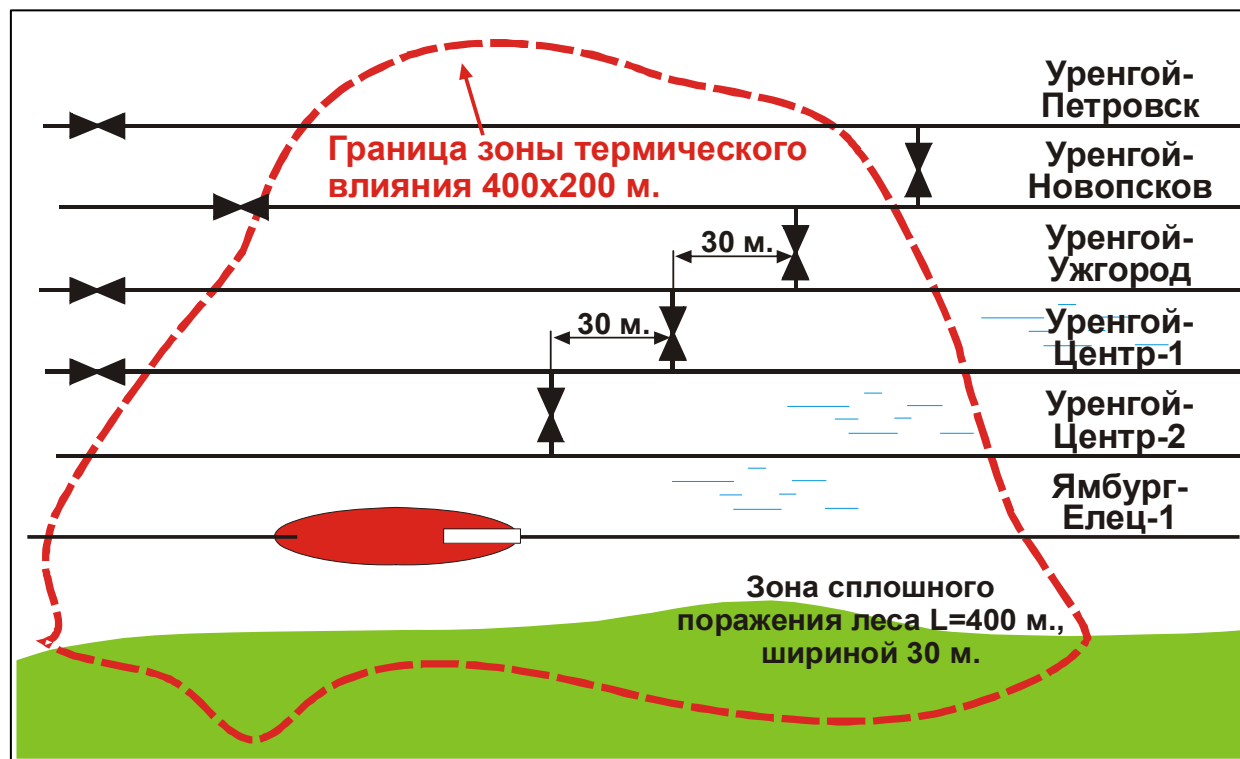






100 100-75 75-50 50-30 30-20 20-10 10-5 5-1 1-0.1 0.1-0.02

Вероятность поражения, %

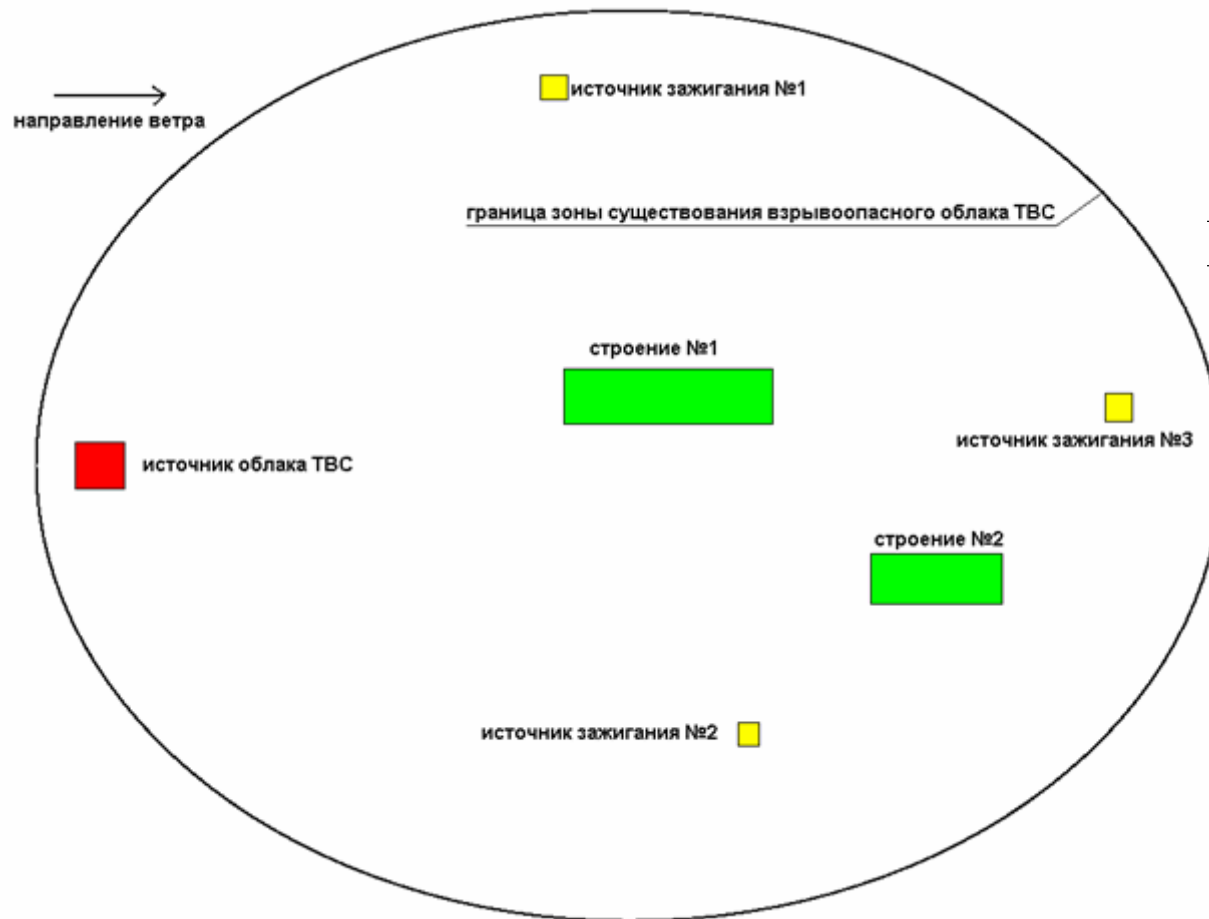


Авария на газопроводе в ООО “Пермтрансгаз”

Вечером 11 февраля 2004 г. на 1562 км МГ “Ямбург-Елец-1” вблизи КС “Горнозаводская” (Горнозаводского ЛПУМГ) произошел разрыв газовой трубы с воспламенением газа. Образовался котлован размером 18x10 м глубиной 5 м. Пострадавших нет. Авария была локализована диспетчерской службой ГЛПУМГ в течение трех минут. Горение газа было прекращено через 4 с половиной часа после возгорания. Потери газа составили 3,4 млн.куб.м. При цене (внутрироссийской) 33\$ за 1000 м³ ущерб от потери газа составил 112 000 \$. Авария была осложнена повреждением приводов кранов и переключателей других газопроводов Ужгородского коридора, оказавшихся в непосредственной близости от эпицентра взрыва. По этой причине была приостановлена на сутки работа 3-х соседних газопроводов У-Ц-2, У-Уж и У-Нвпск, что привело к сокращению транспорта газа на 25%. Предполагаемая причина аварии – КРН, в результате чего не выдержал давления сварной шов. В результате аварии наполовину были сокращены плановые поставки по 21 АО-энерго.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ С ДРЕЙФОМ ТЯЖЕЛЫХ ОБЛАКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Швыряев А.А., Химический ф-т МГУ им.М.В.Ломоносова



$$P_3 = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - P_{из i})$$

Формализованное распределение источника опасности, зоны загазованности, способной к воспламенению, источников зажигания и объектов инфраструктуры.



Последовательные фазы развития взрывного процесса



Ситуационный план
прохождения конденсато-
провода в месте наруше-
ния минимально
допустимых расстояний

координаты площадок
 i, j ($i=1 \dots I$; $j=1 \dots J$), в
которых расположена ОС;

$$x_i, y_i, L_{i,j}; \alpha_{i,j}$$

$$L_{i,j}^{(n_9)} \bullet \lambda - \text{частота 1/год}$$

$\Omega(i,j)=v \cdot N(i,j)$ – распределе-
ние населения

дневное ($\Omega_d(i,j)$)

ночное ($\Omega_n(i,j)$)

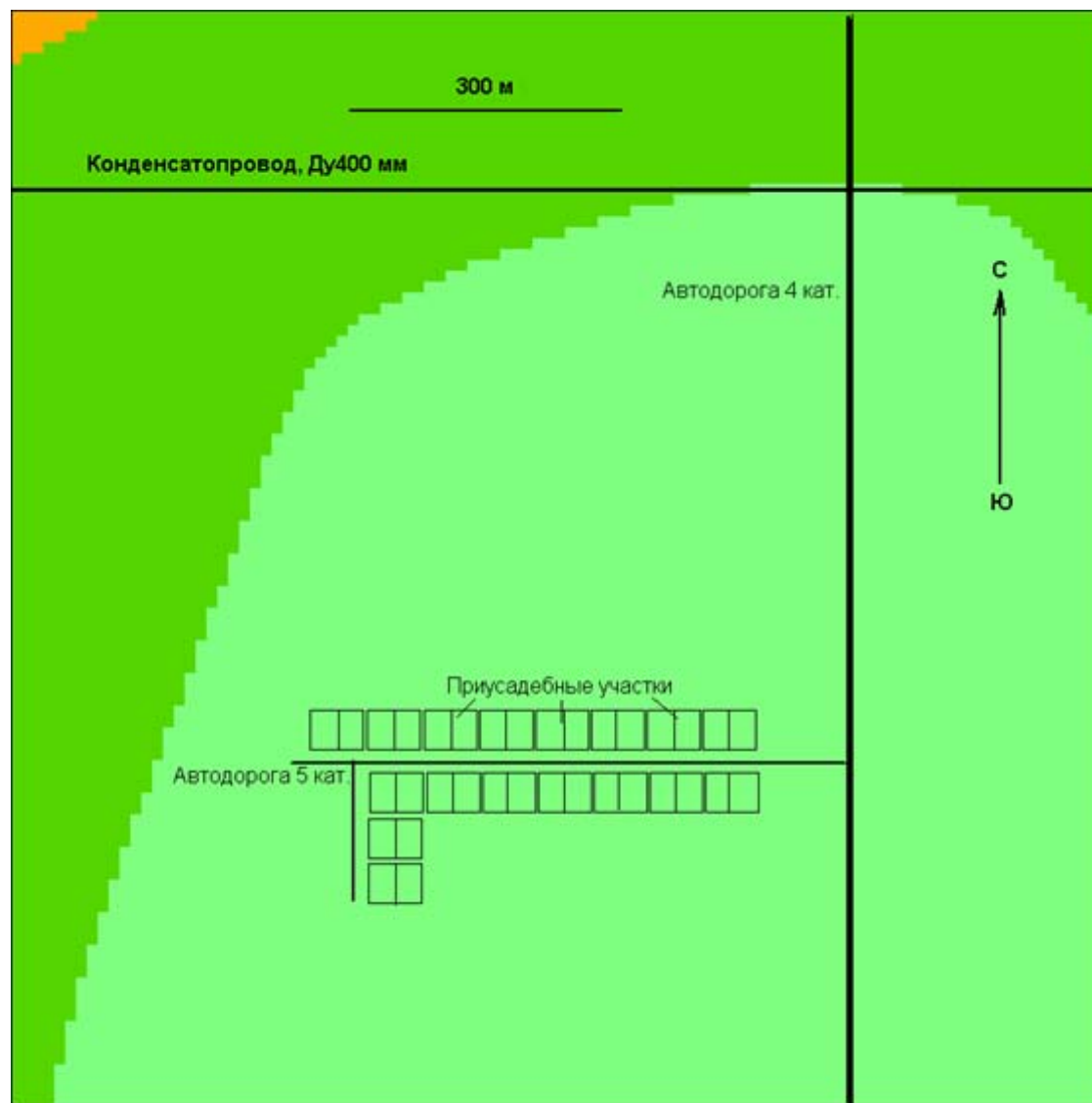
$\Psi(i,j)=k_{\text{уяз}} \cdot v_{\text{об}} \cdot S_{\text{об}}$ – распре-
деления объектов инф-
раструктуры

Структура системного ранжирования источников воспламенения HSE RR226

Категория (сила источника)	Примеры источников воспламенения	потенциал воспламенения
Бесспорный	включенная горелка, открытое пламя	$p = 1$
Сильный	электромоторы, горячая обработка	$p > 0,5$
Средний	средства передвижения, неисправная проводка	$0,5 > p > 0,05$
Слабый	электрооборудование, машинные искры	$p < 0,05$
Незначительный	взрывобезопасное оборудование, радиочастотные источники	$p = 0$

Структурная система ранжирования по качеству или эффективности контроля источника воспламенения

Контроль воспламенения	Фактор	Суммарная вероятность воспламенения	
Идеальный	0	Нет	Проект и обслуживание гарантирует в любое время отсутствие источника воспламенения
Отличный	0,1	Минимальная	Хорошо разработано и поддержано – воспламенение только в случае редких событий
Обычный (хороший)	0,25	Ограниченная	Проект удовлетворяет стандартам и регулярно обслуживается – воспламенение невозможно при нормальных действиях, но потенциально возможно при отказе системы или изменении условий, приводящих к возникновению случайного источника воспламенения
Недостаточный	0,5	Плохая	Не выполняются точные стандарты и недостаток обслуживания – существенный потенциал возникновения источника воспламенения
Никакой	>0,5	Никакая	Несоблюдение стандартов и минимальное обслуживание – существенный потенциал возникновения источника воспламенения

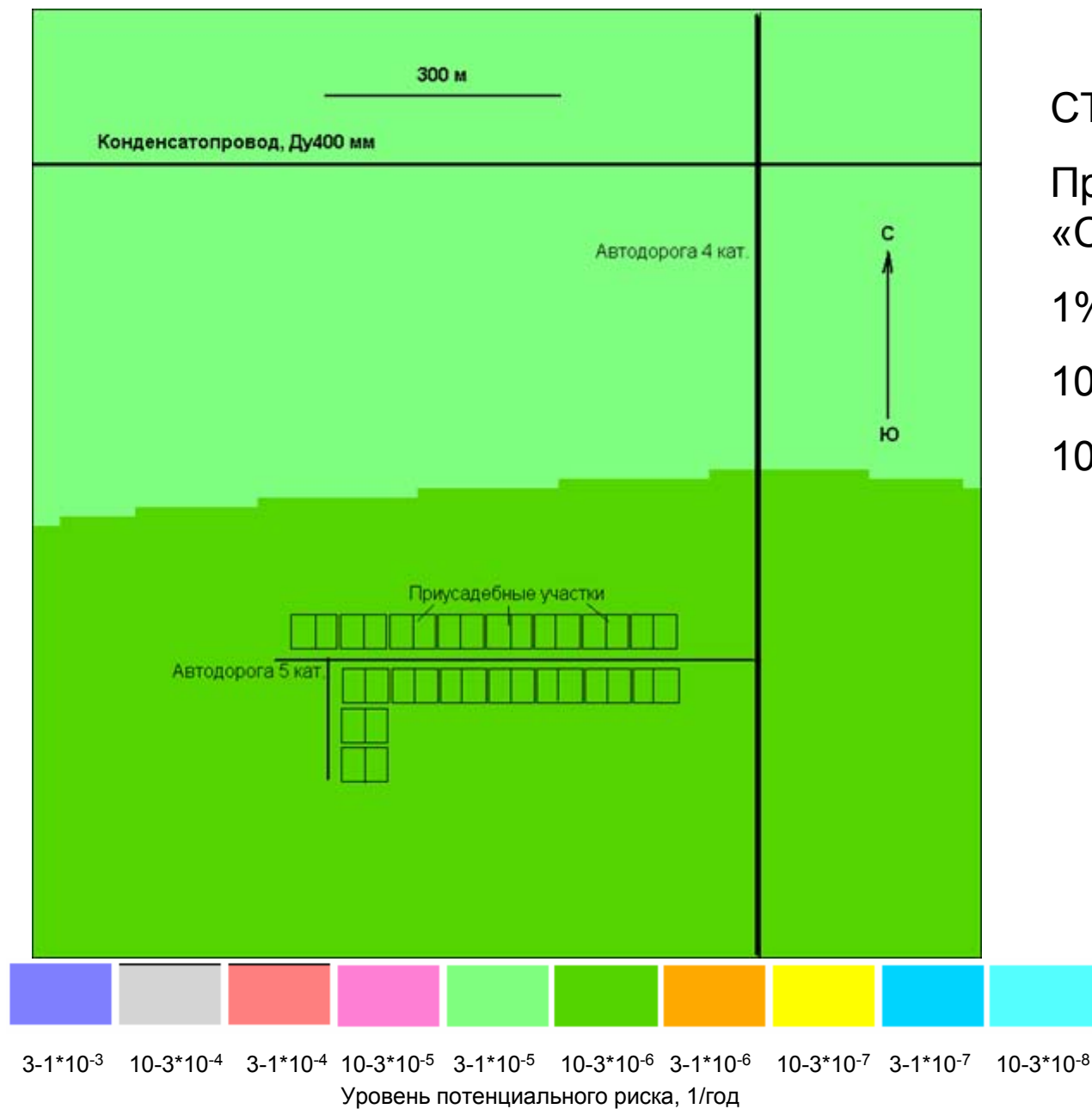


С учетом
Источников
зажигания



$3 \cdot 10^{-3}$ $10 \cdot 10^{-4}$ $3 \cdot 10^{-4}$ $10 \cdot 10^{-5}$ $3 \cdot 10^{-5}$ $10 \cdot 10^{-6}$ $3 \cdot 10^{-6}$ $10 \cdot 10^{-7}$ $3 \cdot 10^{-7}$ $10 \cdot 10^{-8}$

Уровень потенциального риска, 1/год



СТУР АР

Проект
«Сахалин-II»

1% - 0,036

10% - 0,176

100% - 0,24