



**Диагностика и мониторинг основания  
зданий и сооружений методом  
динамико-геофизических испытаний  
к.т.н., доцент Г.М.Нигметов,  
Т.Г. Нигметов,  
А.М. Савинов**

**2022**

**НАУКА ВО ИМЯ СПАСЕНИЯ**



# Задачи по диагностике системы «грунт-здание», возникающие до ЧС, при ЧС и после ЧС в зонах возможных опасностей и рисков

ЧС



После ЧС

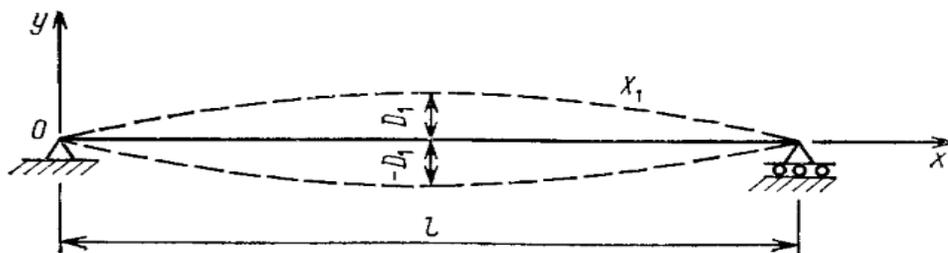


- 1) Оценка технического состояния системы «грунт-здание»;
- 2) Оценка вероятности обрушения системы «грунт-здание»;
- 3) Оценка возможных рисков для людей в зоне влияния системы «грунт-здание»;
- 4) Разработка надежных рекомендаций по восстановлению системы «грунт-здание»;
- 5) Проверка технического состояния системы после восстановления системы «



## Технология «Струна»

оценка интегральной жесткости конструктивной системы  
через параметры колебаний (системы «грунт-сооружение»)



Дифференциальное уравнение, описывающее колебания указанной на рис. 1.1 балки выглядит следующим образом:

$$\frac{EJ}{\rho} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \quad (1.1)$$

Решение уравнения 1.1 является периодом собственных колебаний рассматриваемой балки:

$$T_1 = \frac{l^2}{\pi^2} \sqrt{\frac{m}{EJ}}. \quad (1.2)$$

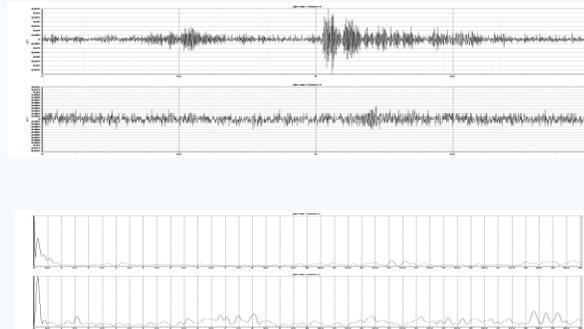


# Аппаратно-программный комплекс «СТРУНА» для оценки уязвимости систем «грунт-здание»





# Различные конструктивные типы зданий, поврежденные взрывом газа, диагностированные с применением технологии «Струна»





# Оценить уязвимости различных типов зданий и его конструктивных элементов





## Методика и критерии оценки

Для оценки категории технического состояния здания определим возможное снижение жесткости путем сравнения нормативных и экспериментально полученных частот собственных колебаний.

Для этого применим следующие соотношения:

$$\Delta F_x = ([F_x]_2 - F_x) \times 100 / [F_x]_2;$$

$$\Delta F_y = ([F_y]_2 - F_y) \times 100 / [F_y]_2;$$

$$\Delta F_z = ([F_z]_2 - F_z) \times 100 / [F_z]_2, \text{ где}$$

$[F_x]$ ,  $[F_y]$ ,  $[F_z]$  – нормативные значения частот собственных колебаний здания, получаемые из проекта или расчетным путем;

$\Delta F_x$ ,  $\Delta F_y$ ,  $\Delta F_z$  – дефицит частоты (жесткости) в % по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Выполним вычисления нормативных значений периодов собственных колебаний:

$$[\Delta F_x] = \sqrt{(g \times X) / (K \times H)};$$

$$[\Delta F_y] = \sqrt{(g \times Y) / (K \times H)}, \text{ где}$$

$K$  – коэффициент, учитывающий тип конструктивного решения и особенности расчетной схемы;

$H$  – высота здания, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,

$X$  – размер здания вдоль оси  $X$  датчика, м;

$Y$  – размер здания вдоль оси  $Y$  датчика, м;

$Z$  – размер здания вдоль оси  $Z$  датчика, м.



## Оценка сейсмостойкости и динамической устойчивости различных типов зданий и сооружений



№	$A_x, \text{ м/с}^2$	$A_y, \text{ м/с}^2$	$A_z, \text{ м/с}^2$	Вывод
1	2,596	1,75	1,75	Сейсмостойкость 1,75 м/с <sup>2</sup>



## Оценка оползневой опасности в Ульяновской области



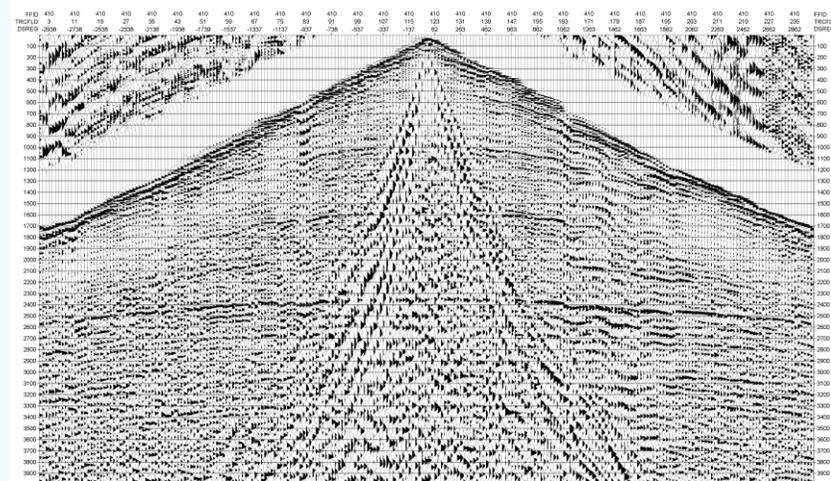


## Оценка опасности карстовых провалов





# Применение геофизических методов для оценки строения грунтовых массивов





## Применение динамико-геофизического метода для диагностики очагов карстовых провалов



*Измерительный  
модуль*



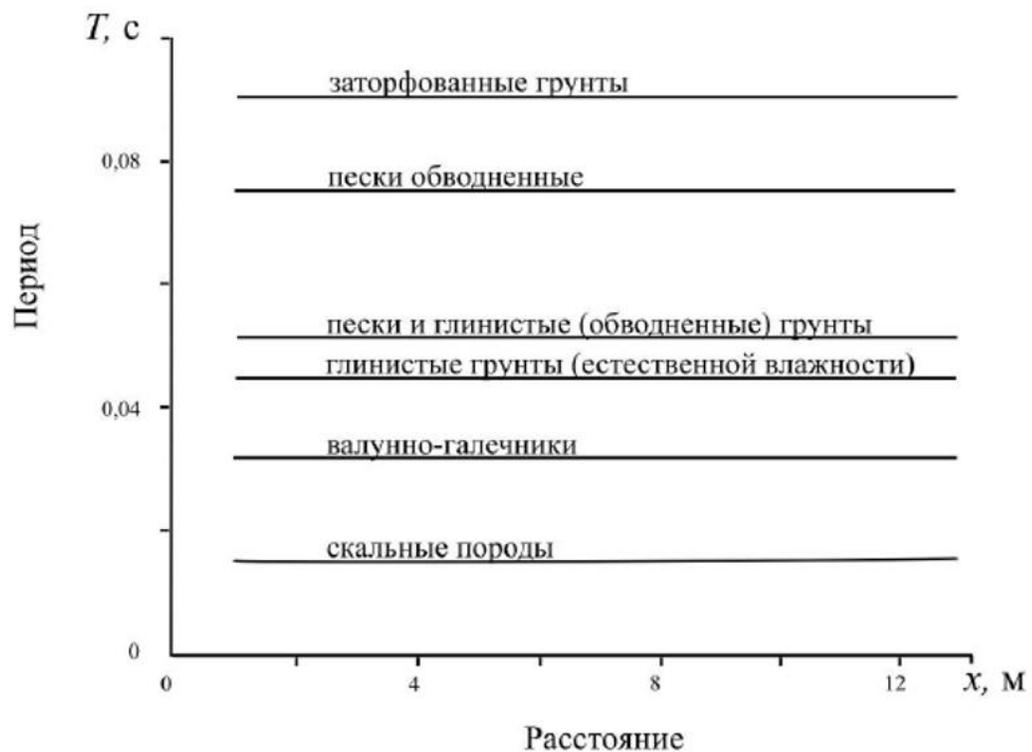
*Соединительный  
измерительный  
кабель на катушке  
(100м)*



*Базовый модуль*



## Методы оперативной оценки физико-механических характеристик грунтового массива



№	Породы	Плотность	Скорость сдвига	Модуль сдвига	Период
1	Скальный	0,22	>1000	220000	0,12
2	Галечник	0,22	600	79000	0,20
3	Мокрый песок	0,20	340	23120	0,35
4	Песчаник	0,22	300	19800	0,40
5	Глина	0,20	250	12500	0,48
6	Суглинок	0,20	150	4500	0,80
7	Насыпной грунт	0,20	100	2000	1,20
8	Супесь	0,20	80	1280	1,50
9	Сухой песок	0,20	60	720	2,00



# Диагностика жесткости грунтового массива в основании здания методом динамико-геофизических испытаний аварийного здания в г. Новый-Уренгой

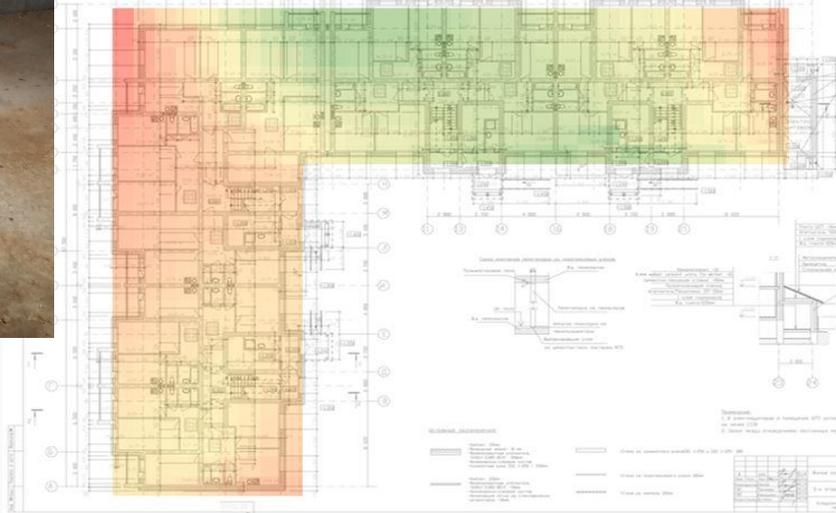
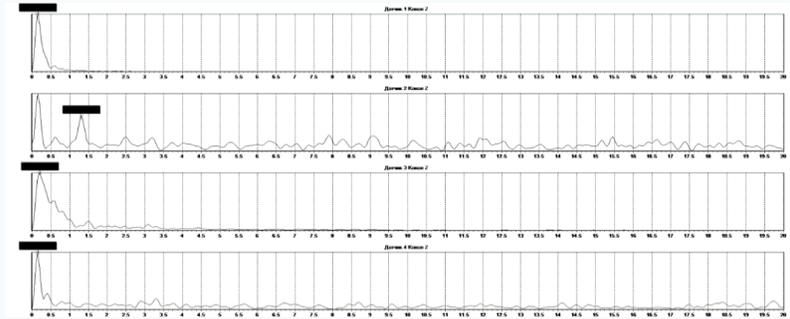
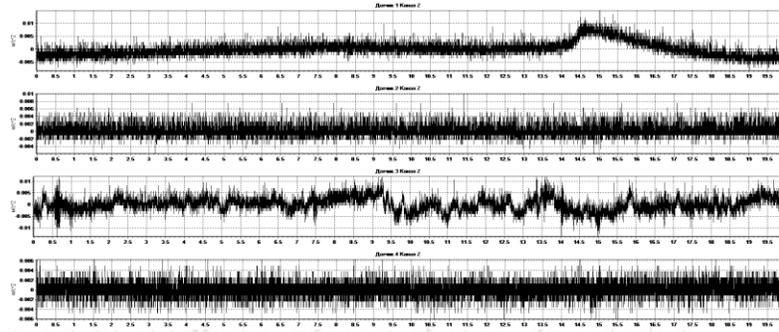


Таблица № 9.1.1 Динамические параметры грунтов в основании здания

Блок здания (подъезды)	$F_x, Hz$	$F_y, Hz$	$F_z, Hz$	$A_x, m/s^2$	$A_y, m/s^2 (U_y, m)$	$A_z, m/s^2 (U_z, m)$
1(4)	1,9	1,7	<b>0,15</b>	0,008	0,008	0,006 (0,00675)
1(3)	1,25	<b>1</b>	<b>0,15</b>	0,004	0,004	0,004 (0,0045)
1-2(2,3)	1,2	1,7	<b>0,15</b>	0,008	0,01	0,006 (0,00675)

Возможные максимальные перемещения грунта в районе подъездов №2, №3 и №4 по осям Z могут составлять от **0,45** до **0,675** см.



## Оценка глубины залегания свай в основании аварийного здания в г. Новый-Уренгой методом динамико-геофизических испытаний

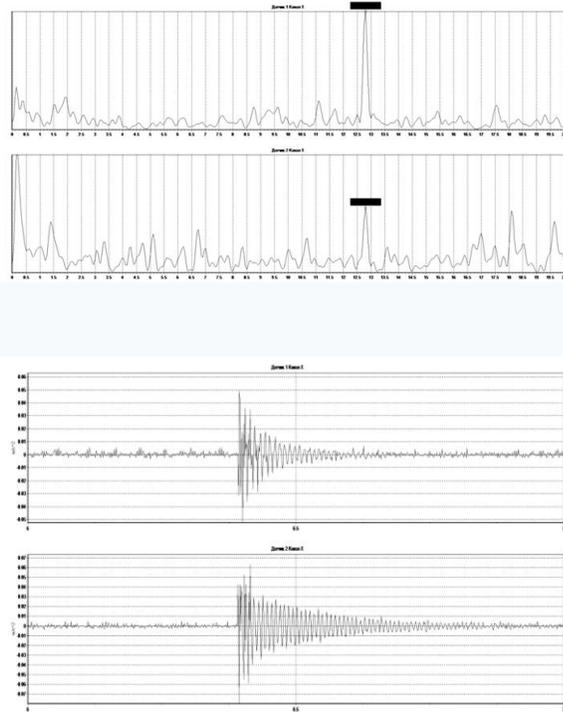


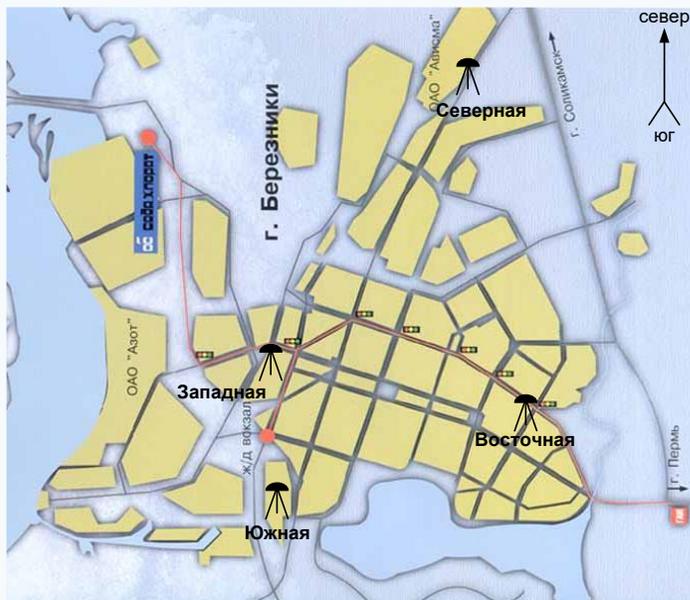
Таблица № 9.2.1 Динамические параметры фундаментных свай

Блок здания (подъезды)	$F_x, Hz$	$F_y, Hz$	$F_z, Hz$
1,2 (2,3)	12,8	12,8	12,85
2(2)	12,8	12,8	12,85
Угол в районе деформационного шва	12,75-12,8	12,8	12,85
2(1)	12,8	12,8	12,8

Динамические параметры свай во всех точках измерений блоков здания в районе подъездов 1, 2, 3, 4 дают спектры собственных колебаний (12,75 - 12,85) Гц, а также характер прохождения импульса, показывает, что глубина свай с учетом высоты ростверка составляет (9,96 - 10,04) м.



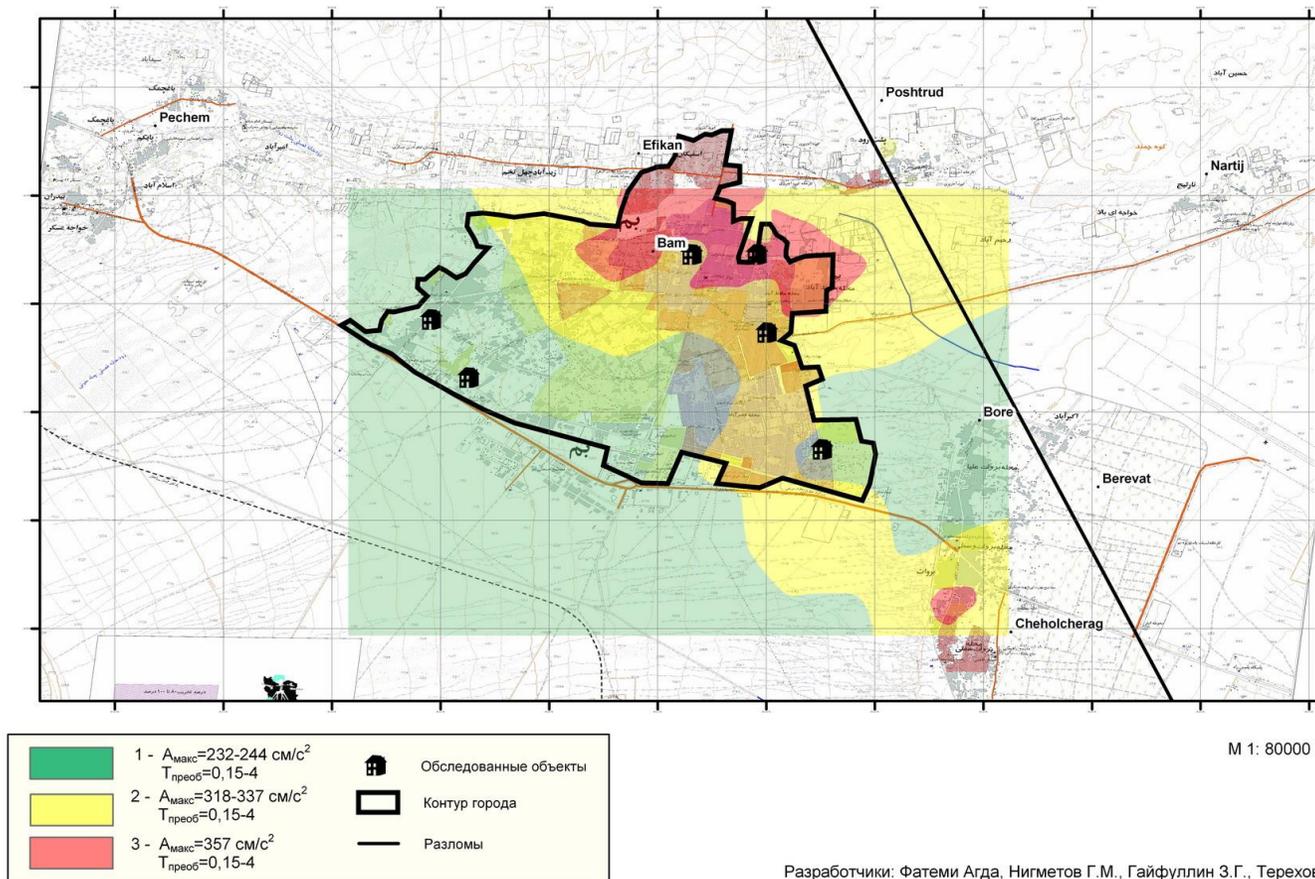
# Комплексный динамико-геофизический мониторинг уязвимости системы «грунт-сооружение» на территории города





## Оценка сейсмичности территорий населенных пунктов

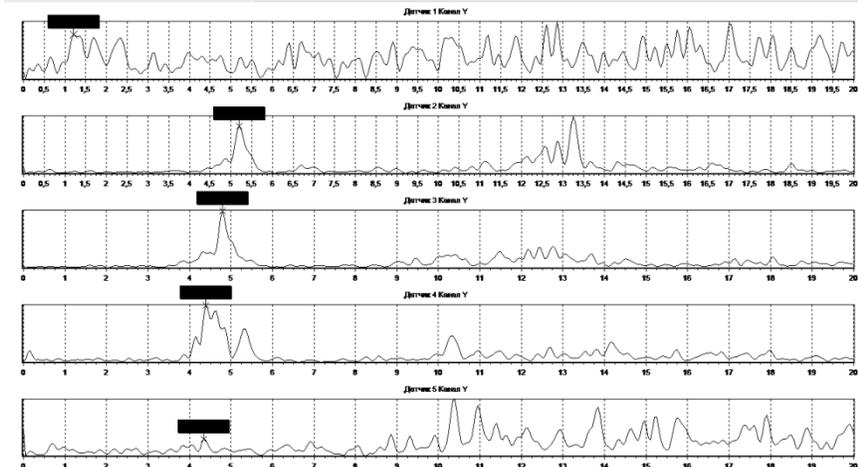
Сейсмическое категорирование грунтов г.Бам



Разработчики: Фатем Агда, Нигметов Г.М., Гайфуллин З.Г., Терехов А.В.



Г. Ереван. Школа № 124.  
Здание из туфовых блоков  
Состоит из трех блоков:  
Учебного корпуса,  
Кафе,  
Спортзала.  
Износ правого блока по оси x 32,87%  
 $A_y = 1,598 \text{ м/с}^2$





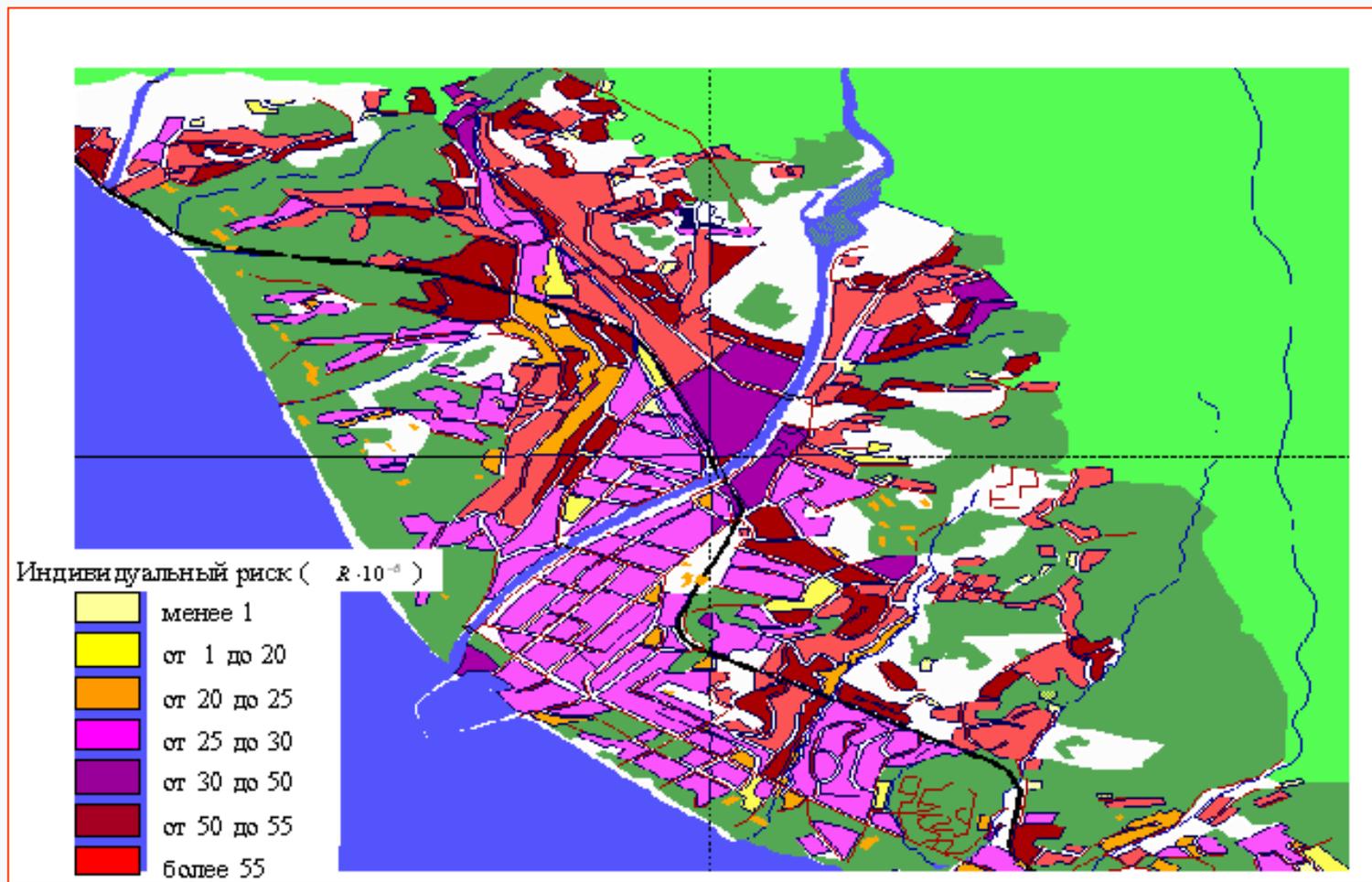
## Оценка индивидуального риска для людей, находящихся в зонах ЧС



Величина риска, 1/год	Социальный ущерб				
	Погибло более одного человека, имеются пострадавшие	Погиб один человек, имеются пострадавшие	Погибших нет, имеются серьезно пострадавшие	Серьезно пострадавших нет, имеются потери трудоспособности	Лиц с потерей трудоспособности нет
1	Зона неприемлемого риска, необходимы меры по уменьшению	неотложные меры по уменьшению	риска. целесообразности риска	жесткого контроля, оценка приемлемого	Зона риска, а, в
1-10 <sup>-1</sup>					
10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>-2</sup>	Зона риска, а, в	целесообразности риска	необходима мера по нет	оценки необходимости уменьшения	риск а
10 <sup>-2</sup> – 10 <sup>-3</sup>					
10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-4</sup>	Зона риска, а, в	мероприятия	по	уменьшению	риск а
10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-5</sup>					
10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-6</sup>					



## Оценка индивидуального риска города с учетом опасностей и уязвимости





## Выводы и рекомендации

Метод динамико-геофизических испытаний может использоваться не только для диагностики и мониторинга отдельных конструкций, но и интегральной оценки жесткости системы «грунт-здание», как отдельных систем, так и множества систем одновременно.

Оценки геологических опасностей оползней, провалов и неоднородности грунтов в условиях вечной мерзлоты

Метод может быть рекомендован, как для оперативной, так и детальной оценки жесткости системы «грунт-здание»



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**

**2022**

**НАУКА ВО ИМЯ СПАСЕНИЯ**