



*Проф., д.м.н. Борис Александрович Ревич*  
*[revich@ecfor.ru](mailto:revich@ecfor.ru)*

*Проф., д.м.н. Симон Леванович Авалиани*

*ИИП РАН, Москва*  
*РМАПО, Москва*

# **Загрязнение атмосферного воздуха и волны жары как факторы риска здоровью населения**

*СПб, ГГО им. Воейкова, 01 октября 2013 г.*

# Система нормирования атмосферного воздуха в СССР и странах СНГ

- Основные критерии токсикологические, мало эпидемиологических подтверждений
- Отсутствие среднегодовых нормативов и установления допустимой вероятности повторения в течение года среднесуточных и максимальных разовых ПДК с учетом частотного распределения их ежедневных значений
- Недостаточная гармонизация с рекомендациями ВОЗ, ЕС

**Соотношение между величинами ПДКсс и концентрациями на уровне приемлемого риска, равного  $1 \times 10^{-5}$  (RBC), для ряда канцерогенных веществ в атм. воздухе**

<b>Вещество</b>	<b>ПДК, мкг/м<sup>3</sup></b>	<b>RBC (<math>10^{-5}</math>), мкг/м<sup>3</sup></b>	<b>ПДК/RBC</b>
<b>1,3-Бутадиен</b>	<b>1000</b>	<b>0,33</b>	<b>3 030</b>
<b>Хром VI</b>	<b>1,5</b>	<b>0,009</b>	<b>1 667</b>
<b>Мышьяк</b>	<b>3,0</b>	<b>0,024</b>	<b>1250</b>
<b>Бензол</b>	<b>100</b>	<b>1,3</b>	<b>76,9</b>
<b>Кадмий</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0055</b>	<b>36,4</b>
<b>Никель</b>	<b>1</b>	<b>0,04</b>	<b>25,0</b>
<b>Тетрахлорэтилен</b>	<b>60</b>	<b>17,5</b>	<b>3,4</b>
<b>Формальдегид</b>	<b>3</b>	<b>0,77</b>	<b>3,9</b>
<b>Свинец</b>	<b>0,3</b>	<b>0.83</b>	<b>0,36</b>

## Нормативы SO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе по директиве о качестве воздуха ЕС

Показатель	период	ПДК	Не более дней на протяжении года
Здоровье человека	Один час	350 µg/m <sup>3</sup>	24 часа/год
Здоровье человека	Один день	125 µg/m <sup>3</sup>	3 дня/год
Тревога	Один час	500 µg/m <sup>3</sup>	

## Нормативы NO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе по директиве о качестве воздуха ЕС

Показатель	Период	Порог	Количество часов, в течение которых не должен быть превышен указанный норматив
Здоровье	1 час	200 µg/m <sup>3</sup>	18 hours/year
Здоровье	Календарный год	40 µg/m <sup>3</sup>	
Тревога	1 час	400 µg/m <sup>3</sup>	

(a): to be measured over three consecutive hours at locations representative of air quality over at least 100 km<sup>2</sup> or an entire zone or agglomeration, whichever is the smaller.

## Нормативы PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе по директиве о качестве воздуха ЕС

Размер фракции	период	норматив	комментарий
PM <sub>10</sub> <sup>(a)</sup>	1 день	50 µg/m <sup>3</sup>	Не более 35 дней в году
PM <sub>10</sub>	Кален. год	40 µg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>2.5</sub> <sup>(a)</sup> намеченная цель	То же	25 µg/m <sup>3</sup>	С 2010г.
PM <sub>2.5</sub> <sup>(a)</sup>	То же	25 µg/m <sup>3</sup>	С 2015г.
PM <sub>2.5</sub> <sup>(a)</sup>	То же	20 µg/m <sup>3</sup>	С 2020г.

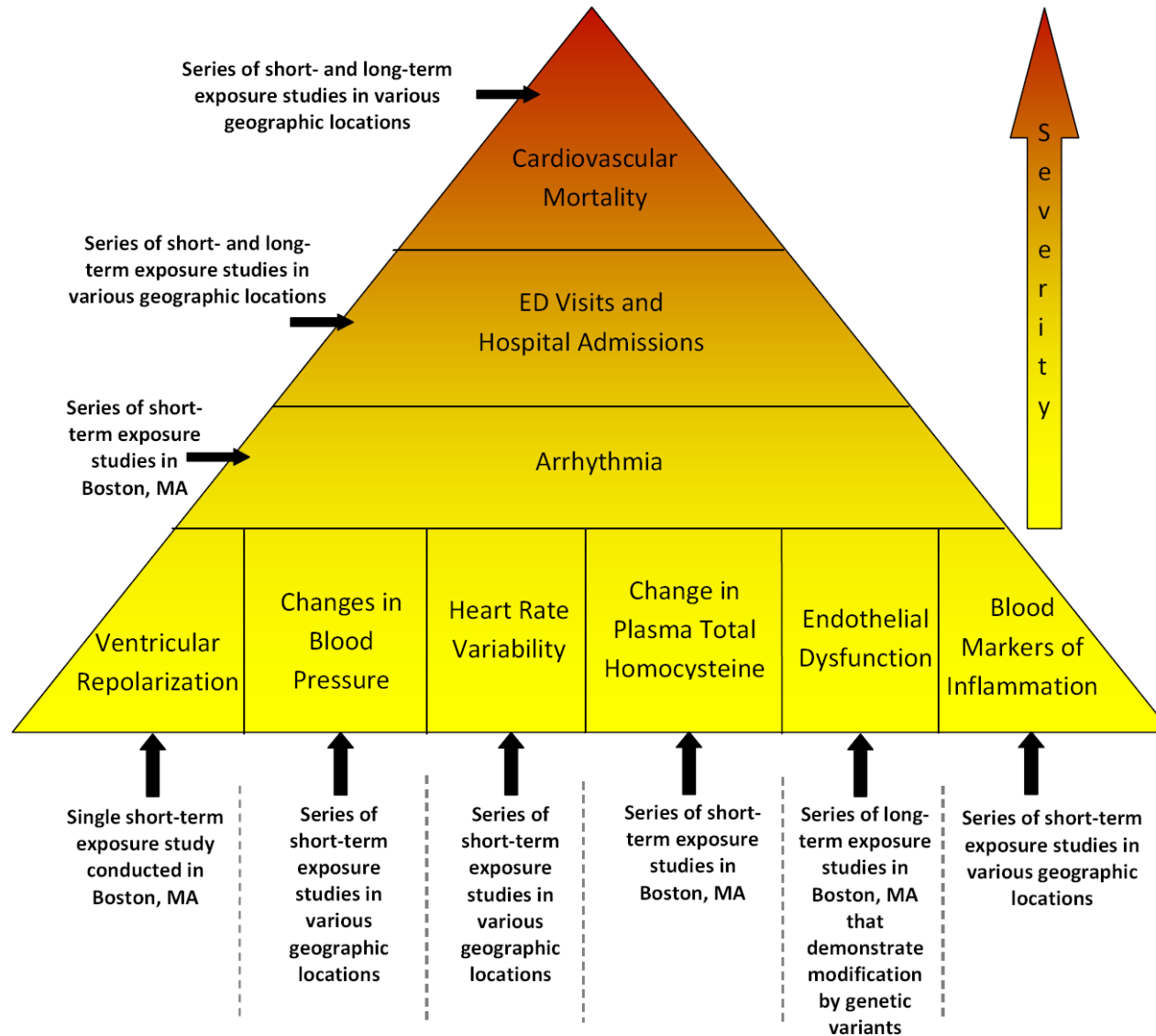
(a): indicative limit value (Stage 2) to be reviewed by the Commission in 2013

Frank de Leeuw, AN ASSESSMENT OF THE AIR QUALITY SITUATION IN EUROPE, AQ Directive, EC 2008 p.9-11

Схематический спектр биологического ответа на  
воздействие загрязняющих веществ  
[Доклад экспертов ВОЗ, Буштуева, Случанко; 1979]



# Cardiovascular Effects of BC



- Schematic diagram of the epidemiologic evidence for the association of BC with the continuum of cardiovascular effects, including sub-clinical effects (bottom level of the pyramid) and clinical effects, increasing in severity moving up the pyramid. (

# Estimated Impacts of PM<sub>2.5</sub> in the U.S.



- **PM<sub>2.5</sub> associated with 130,000 - 320,000 premature deaths in the U.S. in 2005 (5.4% of all deaths nationwide) (Fann et al., 2011)**

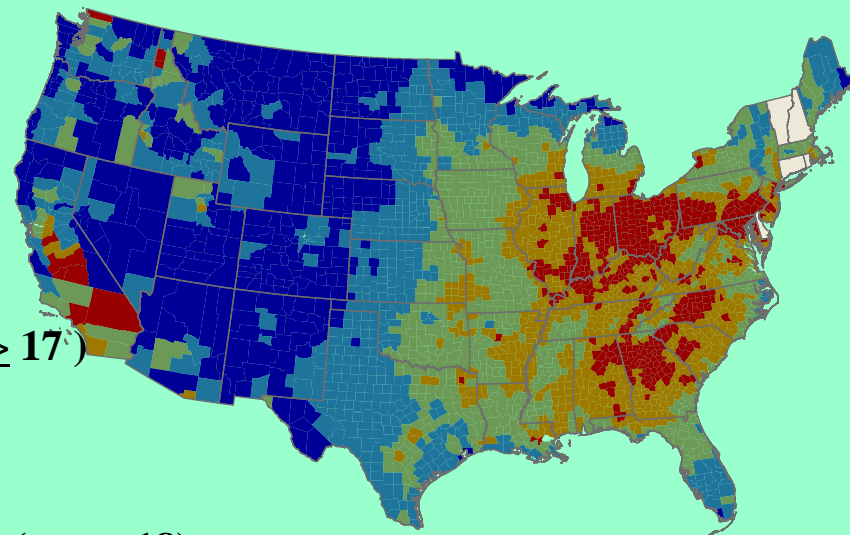
- **Other Effects:**

- **Adults:**

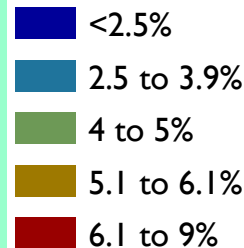
- **18,000,000 lost work days (age 18-65)**
- **180,000 heart attacks (age ≥ 17)**
- **83,000 cases of chronic bronchitis (age ≥ 26)**
- **62,000 hospitalizations for cardiovascular effects (age ≥ 17)**
- **30,000 hospitalizations for respiratory effects (all ages)**

- **Children:**

- **110,000 emergency department visits related to asthma (age < 18)**
- **200,000 cases of acute bronchitis (age 8-12)**
- **2,500,000 cases of exacerbation of asthma (age 6-18)**



**Percentage of total deaths due to PM<sub>2.5</sub>**  
**Krewski et al. (2009) PM mortality estimate**





# Ориентировочная численность населения на территориях с повышенным уровнем загрязнения атм. воздуха некоторыми вредными веществами( Ревич, 1997).



**Численность городского населения России,  
подвергающегося воздействию ВВ, млн.чел.  
Всего 71,6 млн.чел. или 66 %городского населения**

<b>Группа населения</b>	<b>TSP &gt; 300 мкг/М<sup>3</sup>, т.е. РМ<sub>10</sub> &gt; 165 мкг/М<sup>3</sup></b>	<b>TSP &gt; 300- 100 мкг/М<sup>3</sup>, т.е. РМ<sub>10</sub> &gt; 165 — 55 мкг/М<sup>3</sup></b>	<b>TSP &gt; 100-5 мкг/М<sup>3</sup>, т.е. РМ &lt; 55 мкг/М<sup>3</sup></b>
<b>Всего населения</b>	<b>6,5</b>	<b>24,5</b>	<b>40,6</b>
<b>Дети в возрасте до 14 лет</b>	<b>1,8</b>	<b>6,6</b>	<b>11,0</b>
<b>Пожилые (в возрасте старше 65 лет)</b>	<b>0,3</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>

# Ориентировочная численность городского населения Европейской части России (без Москвы и Санкт-Петербурга), с возможными нарушениями здоровья, вызванными загрязненным атмосферным воздухом (Ревич, 1997)



# Оценки по России

- Загрязнение атмосферного воздуха преимущественно ВВ – до 40 тыс. дополнительных случаев смертей в год
- 240-370 тыс. дополнительных случаев заболеваний органов дыхания детей, в т.ч. 3-5тыс. случаев хронических заболеваний органов дыхания
- Ревич, Авалиани, Тихонова. Экологическая эпидемиология, Учебник, 2004

Качество информации о здоровье населения:

Показатели- достоверность (верификация),  
достаточность, доступность

**Отсутствие и доступность электронных баз  
данных!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!**

- **Смертность – только Росстат !**
- **Заболеваемость - Обращаемость в п-ки**
- **Госпитализация**
- **Скорая медицинская помощь –отдельные города**
- **Специальные базы данных – инфекционные заболевания, в т.ч. ТБ, Роспотребнадзор**
- **Регистры – канцер ( НИИ онкологии, Спб, Архангельск), ВПР-НИИ педиатрии и детской хирургии**

# Estimated Impacts of PM<sub>2.5</sub> in the U.S.



- **PM<sub>2.5</sub> associated with 130,000 - 320,000 premature deaths in the U.S. in 2005 (5.4% of all deaths nationwide) (Fann et al., 2011)**

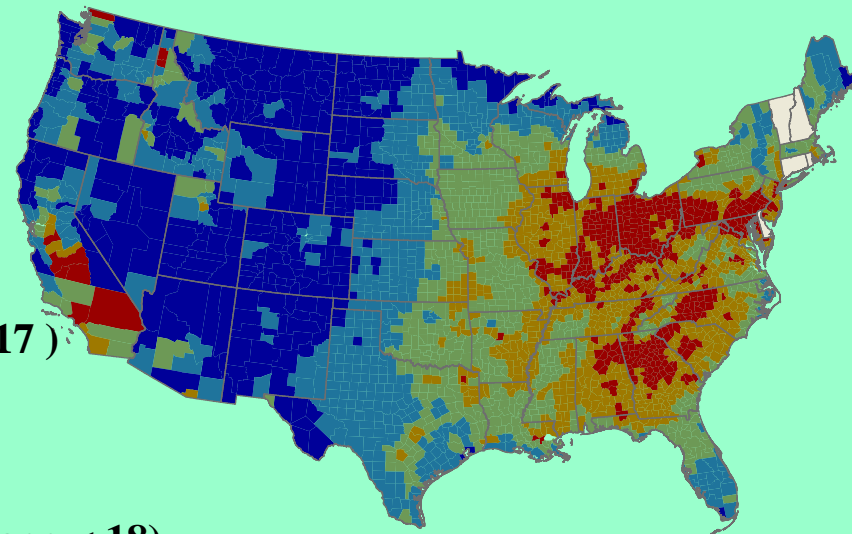
## • Other Effects:

### Adults:

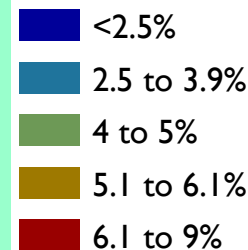
- **18,000,000 lost work days (age 18-65)**
- **180,000 heart attacks (age ≥ 17)**
- **83,000 cases of chronic bronchitis (age ≥ 26)**
- **62,000 hospitalizations for cardiovascular effects (age ≥ 17)**
- **30,000 hospitalizations for respiratory effects (all ages)**

### Children:

- **110,000 emergency department visits related to asthma (age < 18)**
- **200,000 cases of acute bronchitis (age 8-12)**
- **2,500,000 cases of exacerbation of asthma (age 6-18)**



**Percentage of total deaths due to PM<sub>2.5</sub>**  
**Krewski et al. (2009) PM mortality estimate**



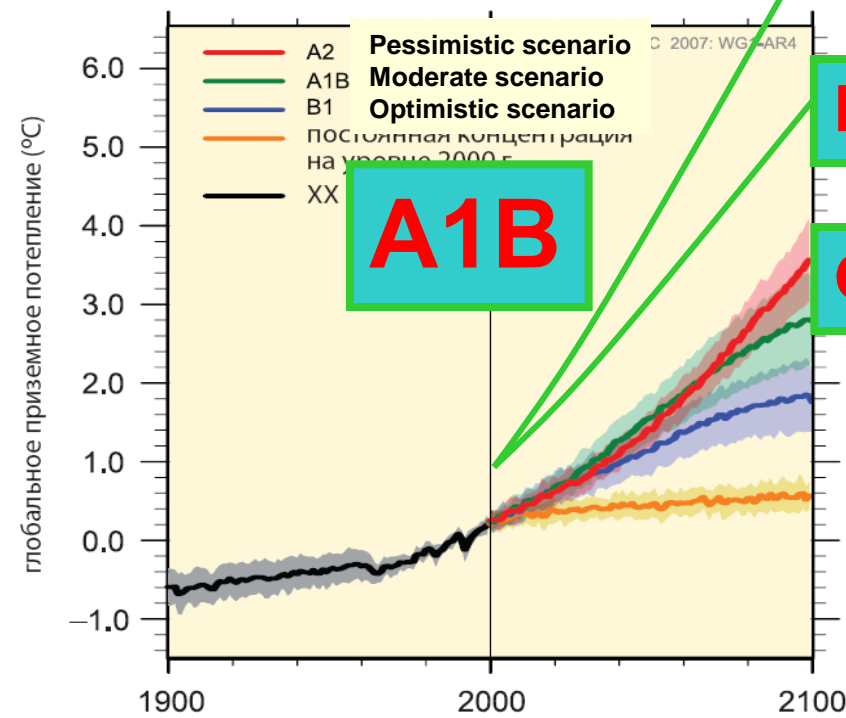
**Количество населения с разной степенью канцерогенного риска от выбросов автотранспорта на территории Москвы в зоне влияния 3-го транспортного кольца**

<b>Количество населения</b>	<b>Уровень индивидуального канцерогенного риска</b>
<b>1 255 000</b>	<b>Небольшое превышение допустимого менее <math>3.0 \times 10^{-4}</math></b>
<b>1 128 000</b>	<b>Средний - От <math>3.0</math> до <math>6.0 \times 10^{-4}</math></b>
<b>343 000</b>	<b>Высокий От <math>6.0</math> до <math>9.9 \times 10^{-4}</math></b>
<b>204 000</b>	<b>Абсолютно недопустимый Более <math>1.0 \times 10^{-3}</math></b>

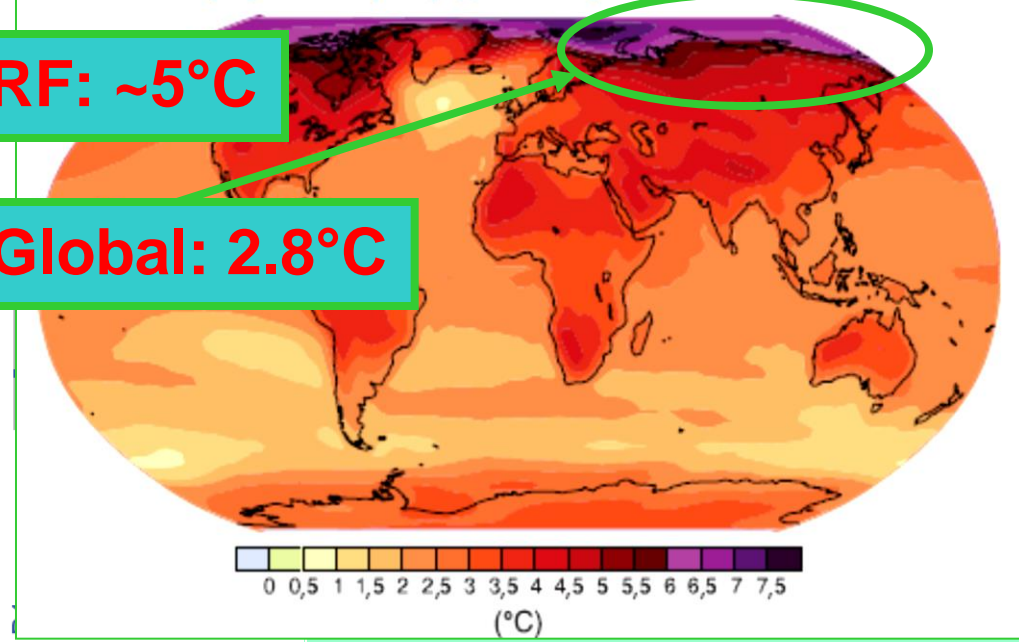
# Climate Changes Will Increase

(Katsov, 2009)

Многомодельные средние значения и оцениваемые диапазоны потепления



Географическое распределение приземного потепления



In the coming 2 decades the global temperature will increase  $0.2^{\circ}\text{C}$  in a decade regardless of the macroeconomic dynamics scenario.

Even though the concentration of greenhouse gases were kept at the level of the year 2000, the global temperature growth would continue and by the end of the 21<sup>st</sup> century it would be  $0.6^{\circ}\text{C}$  (yellow curve).



# Волны жары и ССЗ

- **Что такое климато-чувствительные заболевания?**
- **Что такое волна жары и ее параметры?**

короткие – длинные – первая в году ? Москва – 7 дней выше 98% перцентиля, порог 23,6С

Архангельск Т - 5 последовательных дней выше 97% перцентиля, из которых 3 дня выше 99% перцентиля 21 и 23,3С

Росгидромет – ср. суточная выше на 7С, др.рекомендации +5С

- **Воздействие на смертность, госпитализацию, заболеваемость**
- **Отдаленные последствия воздействия на здоровье волн жары**
- **Планы действий и межсекторальное сотрудничество**

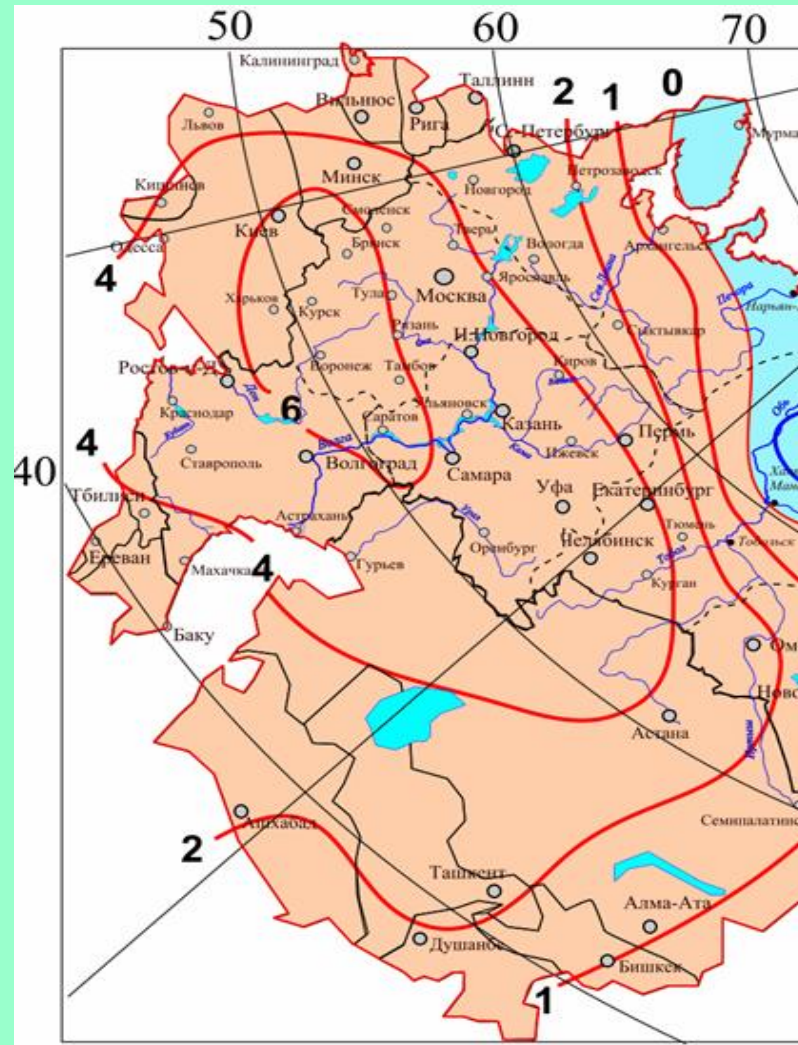
# Возрастание смертности в результате волн жары в Москве, 2001 и 2002 гг.

	$\Delta M$ теоретическое	$\Delta M$ фактическое
Волна жары июль 2001 г.	1011,4	1616
Волна жары июль 2002 г.	1176,0	632
В среднем на одну волну	1093,5	1124

# Жара лета 2010 года

- Волна жары в Москве 53 дня, превышение Т рекордов – 19 дней
- Другие крупные города:  
июль - С.Петербург, Н.Новгород, Тула, Казань, Брянск, Орел, Самара и др.  
Север - Ярославль, Вологда, Петрозаводск  
август - Саратов, Волгоград, Астрахань, Ставрополь, Ростов-на-Дону...

# Фактическая аномалия средней температуры воздуха. Июль 2010.



Источник: Гидрометцентр РФ

# Увеличение смертности в июле 2010 года по сравнению с июлем 2009г. на территориях в пределах Т-аномалии (кроме Москвы)

Квартиль, территории и % увеличения смертности от всех причин	Число доп. случаев смерти, всего	В т.ч.от болезней органов кровообр.
1. Санкт-Петербург (30,2), Брянская (22,2), Нижегород (20,2), Ярослав. (19,2), Чувашия (8,8), Владимир(18,4), Иван( 18,3), Орловская области (18,0)	<b>4 378</b>	<b>2855</b>
2. Вологодская (17,6), Тульская (17,3), Московская ( 17,3), Татарстан (16,6), Марий – Эл(16,6), Самарская (16,0), Рязанская (13,5), Ульяновская области (13,0)	<b>4 161</b>	<b>3053</b>
3. Пензенская (12,6), Карелия ( 12,5), Удмуртия (12,5), Тверская, (11,5), Тамбовская (11,1), Калужская (9,9), Новгородская области (9,7)	<b>1 212</b>	<b>850</b>
4. Калининград.(9,1), Липецкая (9,0), Оренбургская (8,7), Саратовская (8,1), Башкортостан (7,8), Псковская (7,1) Астраханская обл. (6,3), Мордовия (6,8)	<b>1317</b>	<b>1003</b>
<b>Всего по указанным территориям без Москвы</b>	<b>11 068</b>	<b>7 761</b>
<b>Всего, включая Москву</b>	<b>15 892</b>	<b>10 469</b>

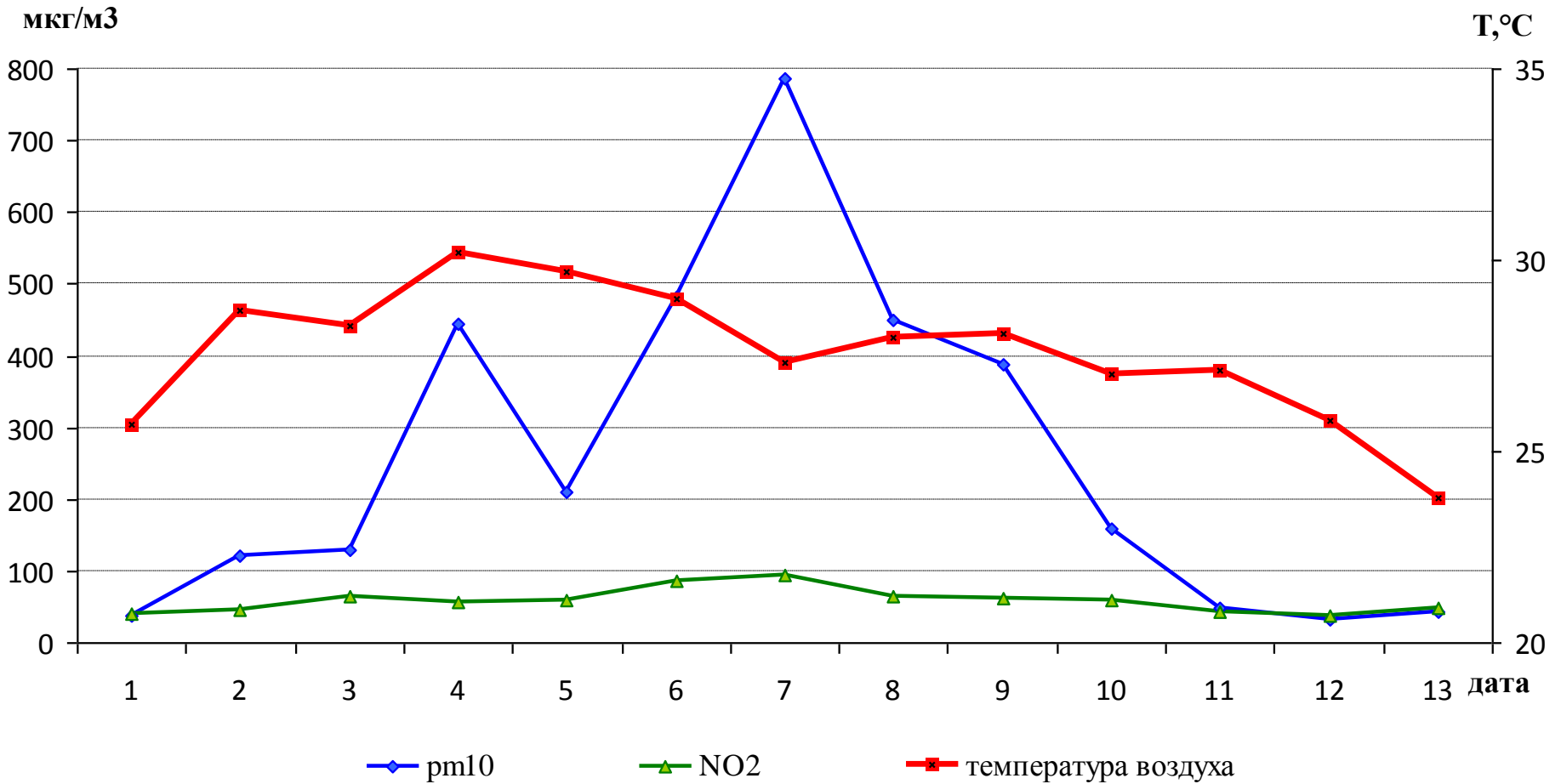
# Москва: загрязнение атмосферного воздуха и оценка риска здоровью в июле – августе 2010г.

- Среднегодовые концентрации РМ 10 в атмосферном воздухе по данным Мосэко-мониторинга в предыдущие годы – 35 мкг/м<sup>3</sup>, ПДКсс - 60 мкг/м<sup>3</sup>; Европа 50
- Среднесуточные концентрации РМ10 в июле 2010г. в среднем по городу – 156 мкг/м<sup>3</sup>, в отдельные дни до 431-906мкг/м<sup>3</sup> (1500 ВЧ)
- Риск увеличения частоты симптомов со стороны органов дыхания 30%
- Риск увеличения случаев бронхиальной астмы 45%.

# Максимальные суточные концентрации РМ10 в атмосферном воздухе Москвы во время пожаров в августе 2010г.

Дата	Концентрация ( $\mu/m^3$ )	Превышение российских норм(60)	Превышение норм ЕС (50)	Часть Москвы с максимал. Конц.РМ10
<b>04.08.</b>	<b>602</b>	<b>10.0</b>	<b>12.0</b>	<b>South</b>
<b>05.08.</b>	<b>499</b>	<b>8.3</b>	<b>10.0</b>	<b>Centre</b>
<b>06.08.</b>	<b>541</b>	<b>9.0</b>	<b>10.8</b>	<b>Centre</b>
<b>07.08.</b>	<b>906</b>	<b>15.1</b>	<b>18.1</b>	<b>East</b>
<b>08.08.</b>	<b>511</b>	<b>8.5</b>	<b>10.2</b>	<b>East</b>
<b>09.08.</b>	<b>431</b>	<b>7.2</b>	<b>8.6</b>	<b>East</b>

## Концентрации загрязняющих веществ (по данным Мосэкомониторинга) и температура атмосферного воздуха в августе 2010г. в Москве

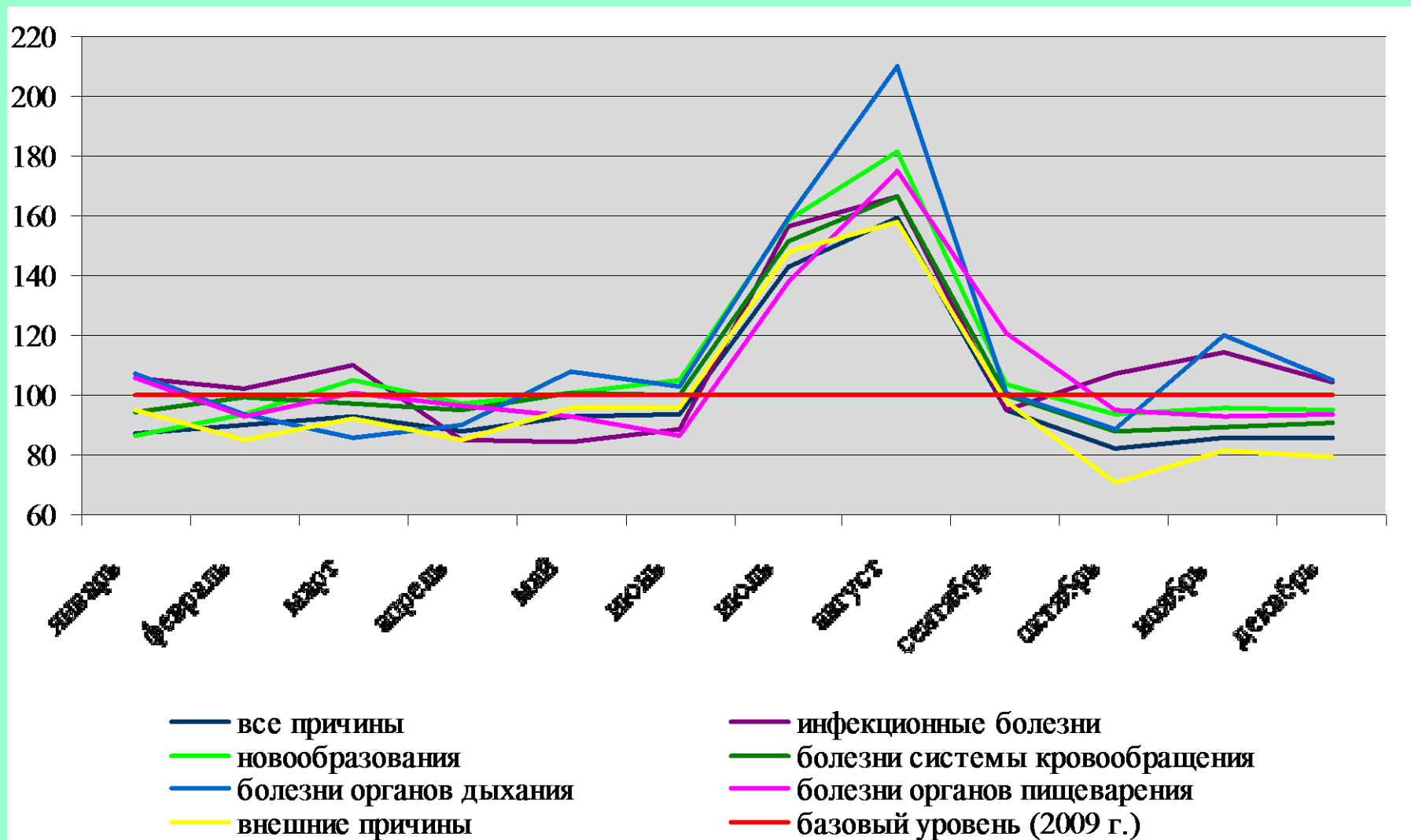


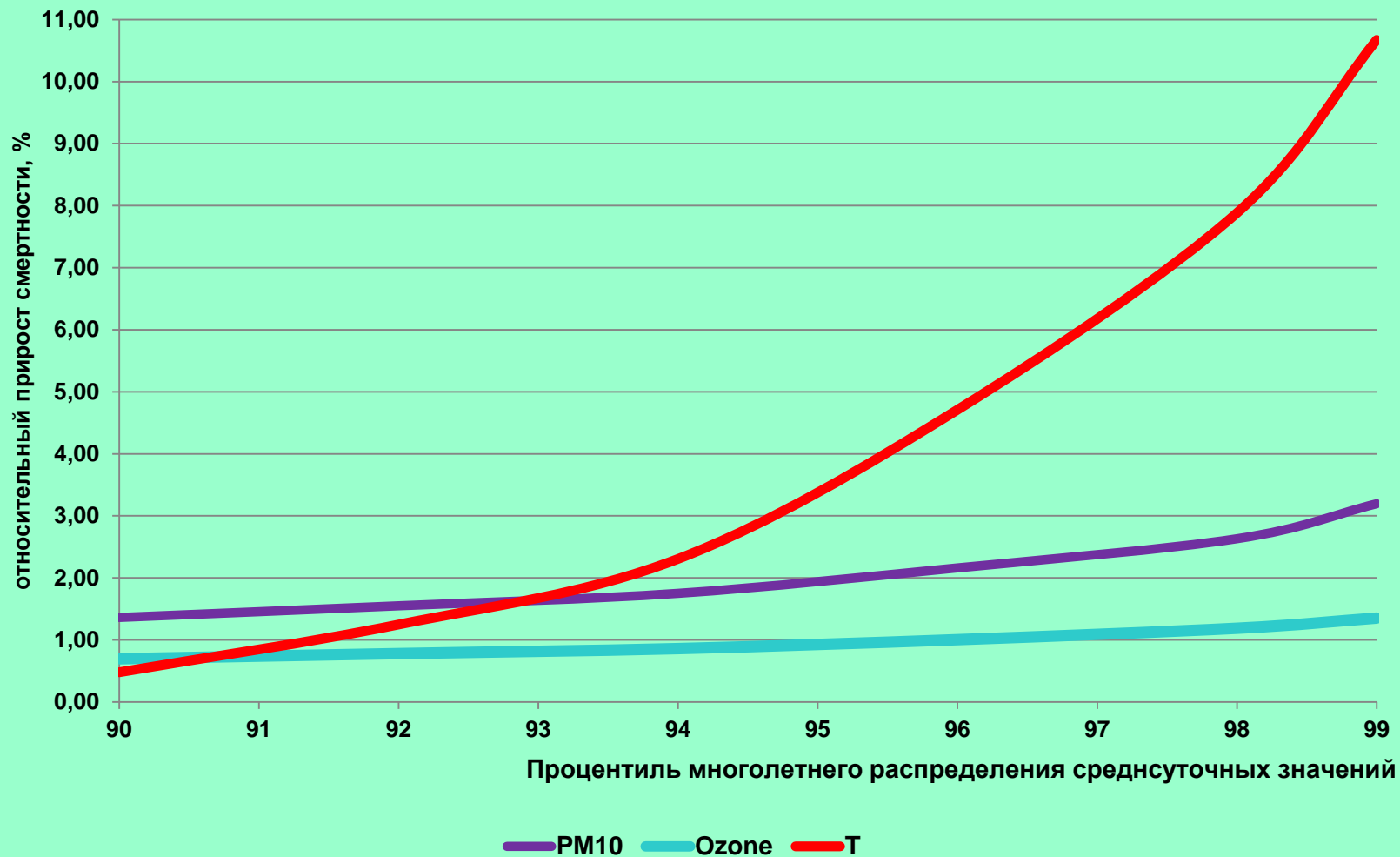


# Волны жары и смертность в Москве

	Июль	Август	Всего
Число дней с температурой выше многолетней средне-месячной на 5 <sup>0</sup> , в июле выше 23,4 <sup>0</sup> С, в августе 21, 4 <sup>0</sup> С	27	18	45
Дополнительная смертность в 2010г. по сравнению с 2009 г., абс. %	+4 824 50,7%	+6 111 68,6%	10 935 59,6%
в т.ч. болезни системы кровообращения, на %	51,5	66,1	58,8
болезни органов дыхания	59,1	110,1	84,5
инфекционные болезни	56,3	66,7	61,5
новообразования	58,8	81,6	70,2
внешние причины	48,0	57,8	52,9

# Отношение смертности (случаи) по месяцам 2010/2009г.





**Относительный прирост смертности населения Москвы, соответствующий приросту экспозиции от 50% до указанного по оси ОХ процента**

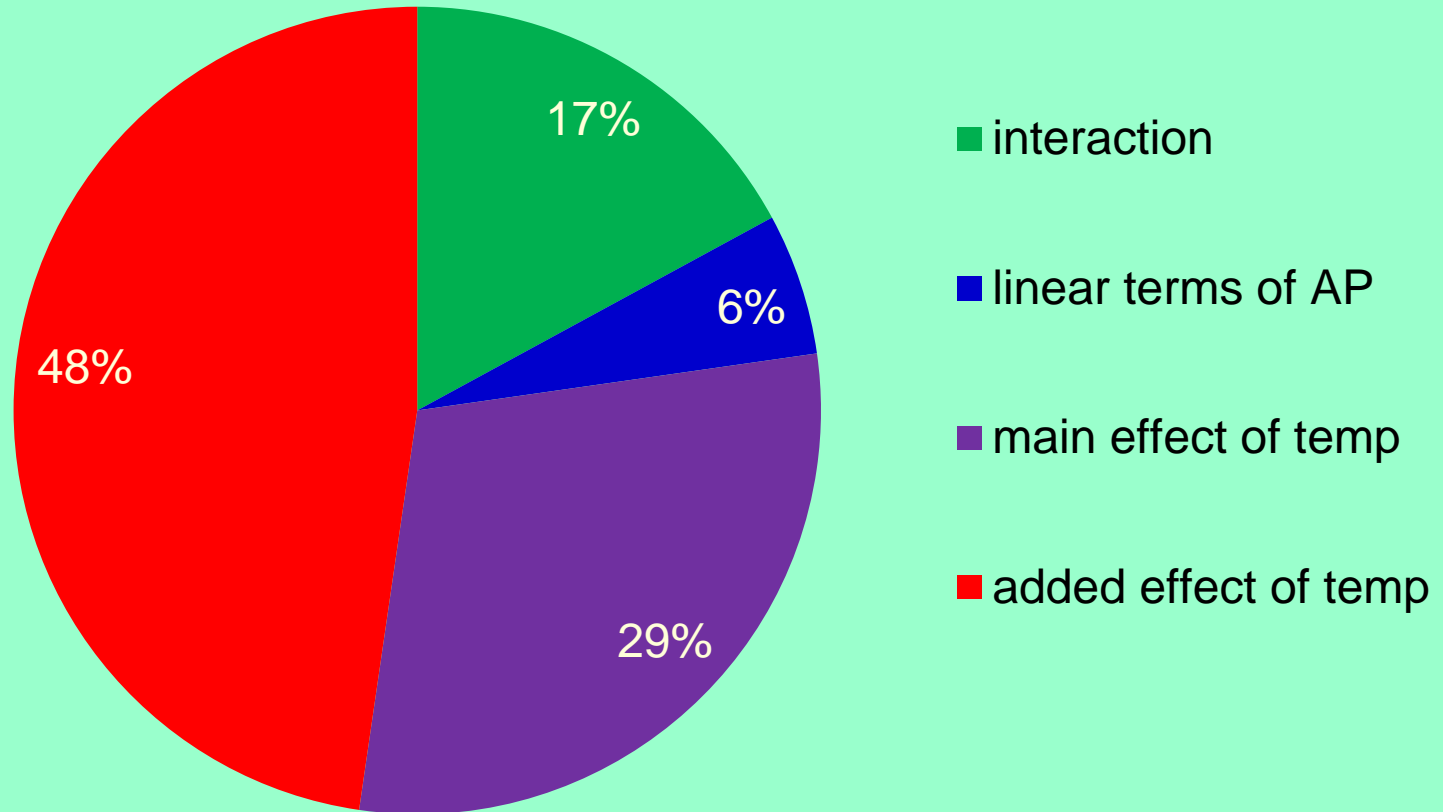
Возрастание смертности при  
увеличении концентраций PM10 на  
10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**T 18C PM+10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Mort 0.47%**

**T 22C 0,76%**

**T 30C 1,34%**

# Relative inputs of explanatory variables in excess mort



# Экономические потери вследствие повышенной смертности во время жары 2010 года в Москве – 250 млрд. руб.-9 млрд.\$

(Порфирьев, 2013)

Возрастная группа	Мужчины ( $\Delta M_m$ )		Женщины ( $\Delta M_f$ )	
	Чел.	%	Чел.	%
0-14	35	0.9	13	0.19
<b>15-44</b>	<b>464</b>	<b>11.8</b>	<b>134</b>	<b>1.94</b>
<b>45-59</b>	<b>549</b>	<b>14.0</b>	<b>241</b>	<b>3.49</b>
60-74	1172	29.9	1139	16.48
75+	1694	43.4	5384	77.90
<b>Всего</b>	<b>3914</b>	<b>100.00</b>	<b>6911</b>	<b>100.00</b>

**Количество температурных волн: фактические данные за базовый период 1980-1999 гг. и моделирование данных на перспективу 2041-2060 гг., усредненная по 9 моделям (А2) на примере Архангельска (модель ГГО им. Воейкова )**

	<b>Базовый период, <math>n_h</math></b>		<b>Перспектива, <math>n_f</math> (95% CI)</b>	
	Короткие волны (5-7 дней)	Длинные волны ( $\geq 8$ дней)	Короткие волны (5-7 дней)	Длинные волны ( $\geq 8$ дней)
<b>Волны жары</b>	12	6	18 (12; 18) <sup>a</sup>	15 (6; 30)
<b>Холодовые волны</b>	8	7	1.8 (0; 4)	0.5 (0; 4)

**Благодарю за  
внимание**