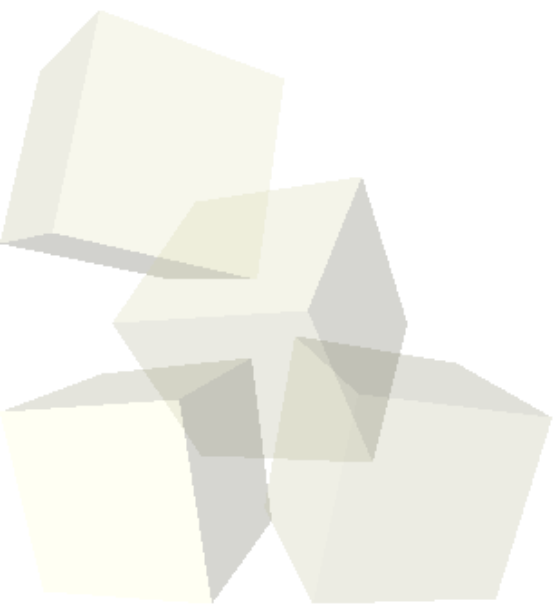




**Опыт применения математических
и информационных технологий
при обосновании стратегии развития
регионов: медико-экологические аспекты**

Ефимова Н.В.





«Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации», 2008 г.

Ключевая задача долгосрочных планов развития Российской Федерации – развитие человека, окружающей его социальной и природной среды

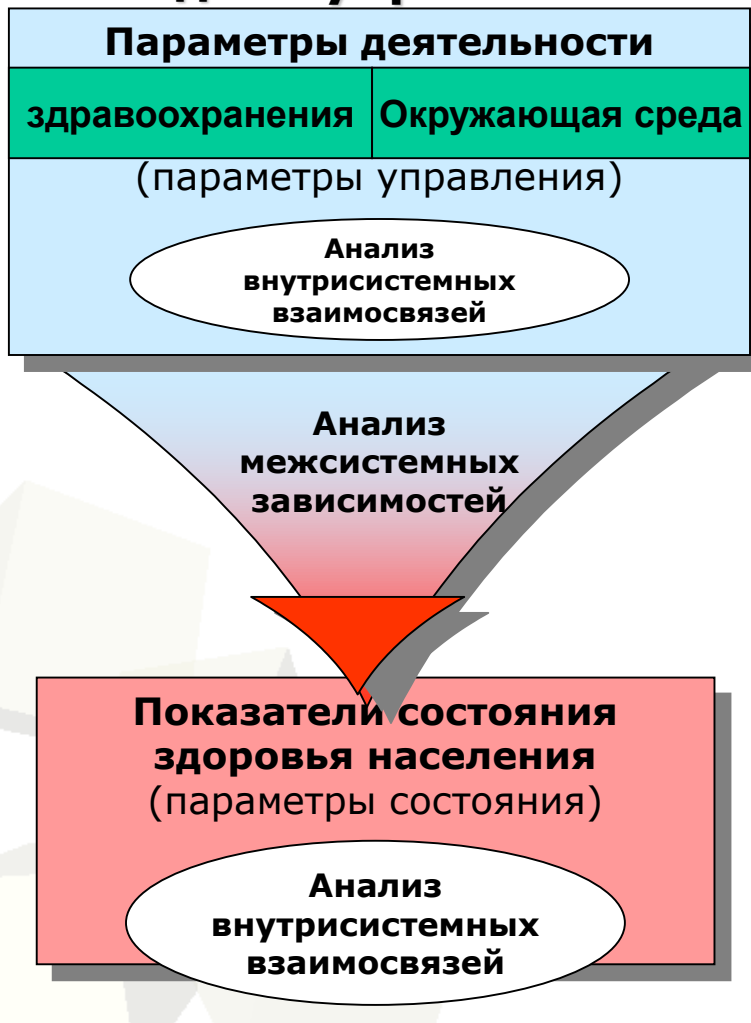
Механизм:



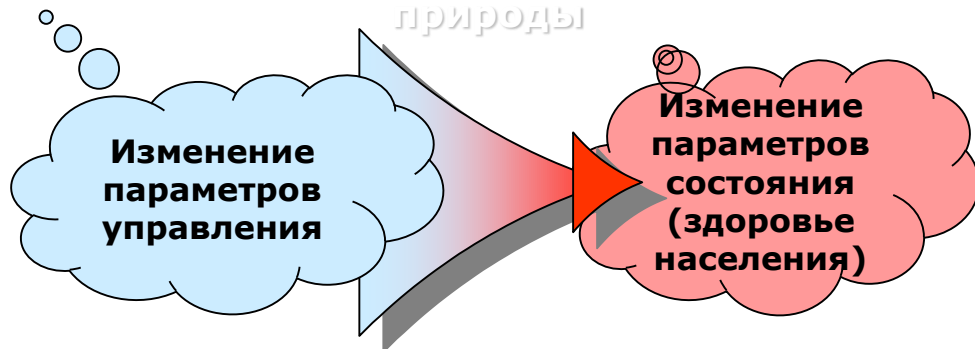
создание за следующие 10-12 лет новой системы здравоохранения, ориентированной на профилактику заболеваний, новейшие медицинские технологии для кардинального улучшения здоровья населения
снижение доли населения, проживающего в неблагоприятной экологической обстановке с 43% до 14%

Разработка целевых программ

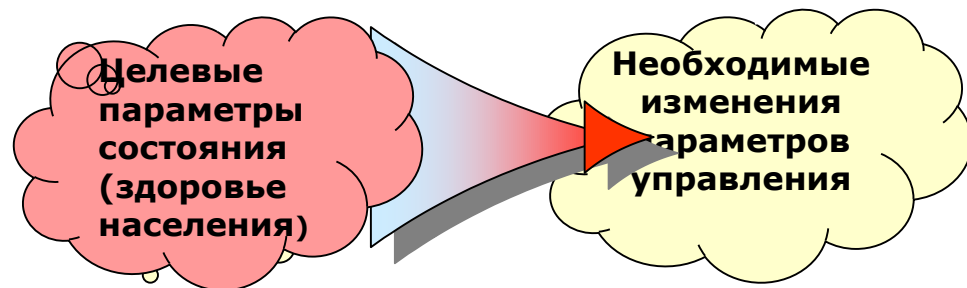
Модель управления



Оценка изменения показателей состояния здоровья населения при заданном изменении параметров деятельности здравоохранения, охраны природы



Оценка необходимых изменений параметров управления для достижения заданных показателей состояния здоровья населения при оптимальных затратах





Планирование СЭР включает







ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ!

■ Что представляется ОПР чаще всего?

- Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) рассчитанная по стандартным таблицам без учета изменяющейся социально-экологической составляющей

- Регрессионные зависимости (в лучшем случае по данным 10-15л.)

- Ожидаемая продолжительность здоровой жизни (ОПЗЖ) предложена Б. Сандерсом в 1964 году. Методология расчета и название – «ОПЗЖ» или «Ожидаемая продолжительность жизни без ограничений в дееспособности» (Disability Free Life Expectancy) - была предложена Д. Салливаном в 1971 году².



$$e_x^h = \frac{1}{l_x} \sum_x^w (1 - {}_n\pi_x) {}_nL_x$$

При расчете показателя ожидаемой продолжительности здоровой жизни по методу Салливана :

x — число доживающих до возраста x лет;

${}_n\pi_x$ - доля населения в возрастном интервале от n до x лет с плохим состоянием здоровья

число живущих в интервале возрастов от x лет до $x + n$ лет - ${}_nL_x$

e_x^h — ожидаемая продолжительность здоровой жизни доживающих до возраста x лет.

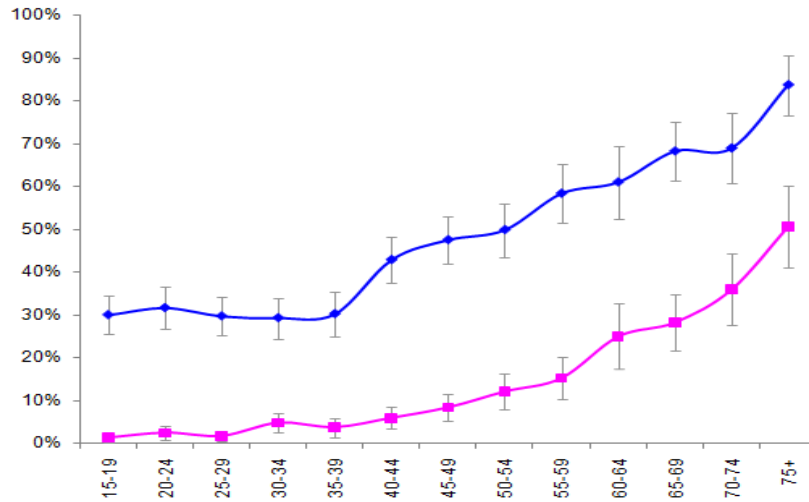
- для расчета ожидаемой продолжительности здоровой жизни в России использованы:
- Таблицы смертности населения России в 2004 году данные гос.статистики
- Данные общероссийских репрезентативных опросов РМЭЗ и РидМиЖ волн 2004 года.
- РМЭЗ²¹ - Российский мониторинг экономики и здоровья, общероссийское лонгитюдное обследование социально-экономического положения домохозяйств (объем выборки равен 12641 членов домохозяйств)
- РидМиЖ - «Родители и дети, мужчины и женщины в семье и обществе» (русская версия международного исследования Gender and Generation Studies, GGS)



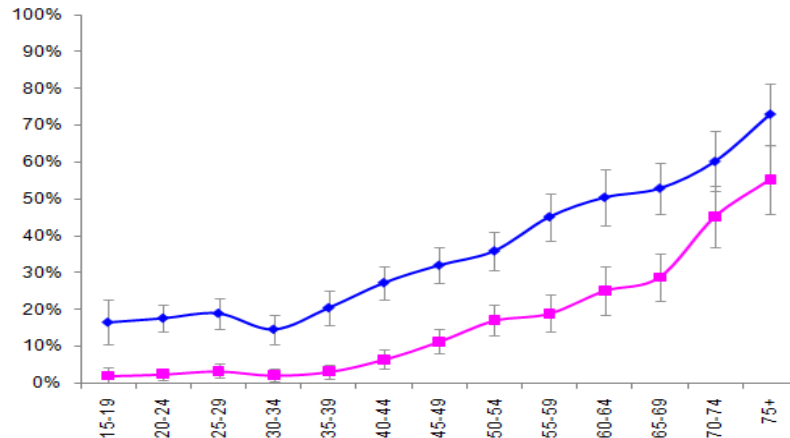
Доля лиц с нарушениями здоровья в РФ

МУЖЧИНЫ

РМЭЗ



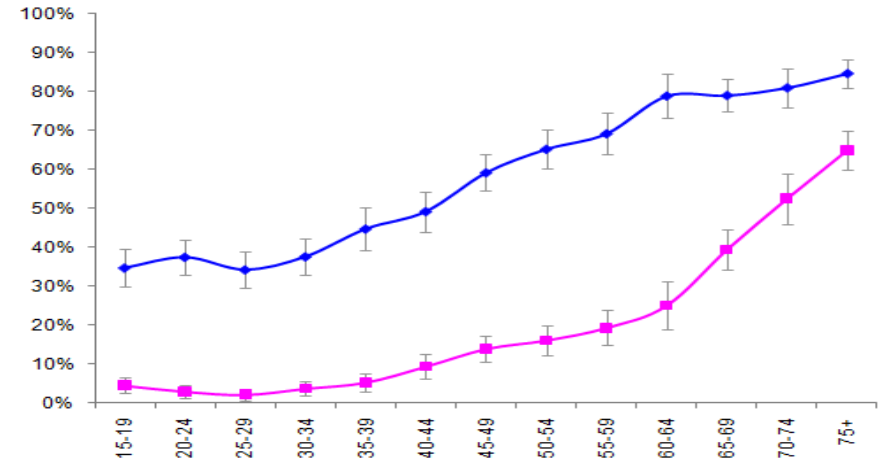
РидМиЖ



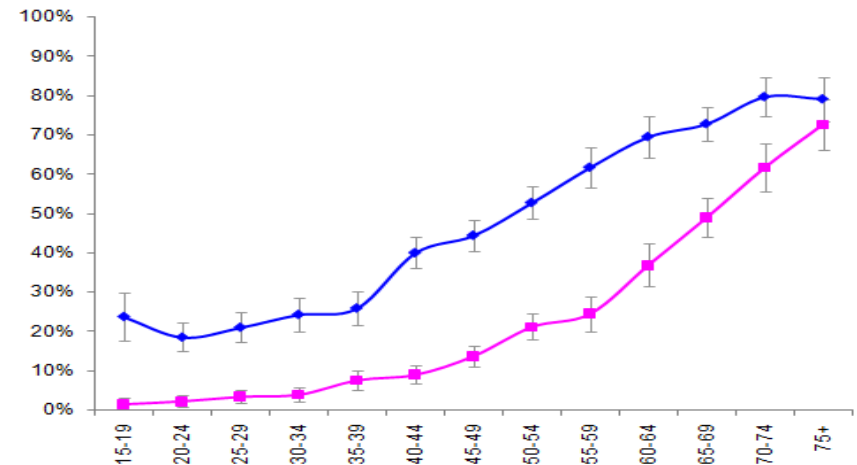
— Самооценка — Хронические заболевания

ЖЕНЩИНЫ

РМЭЗ



РидМиЖ

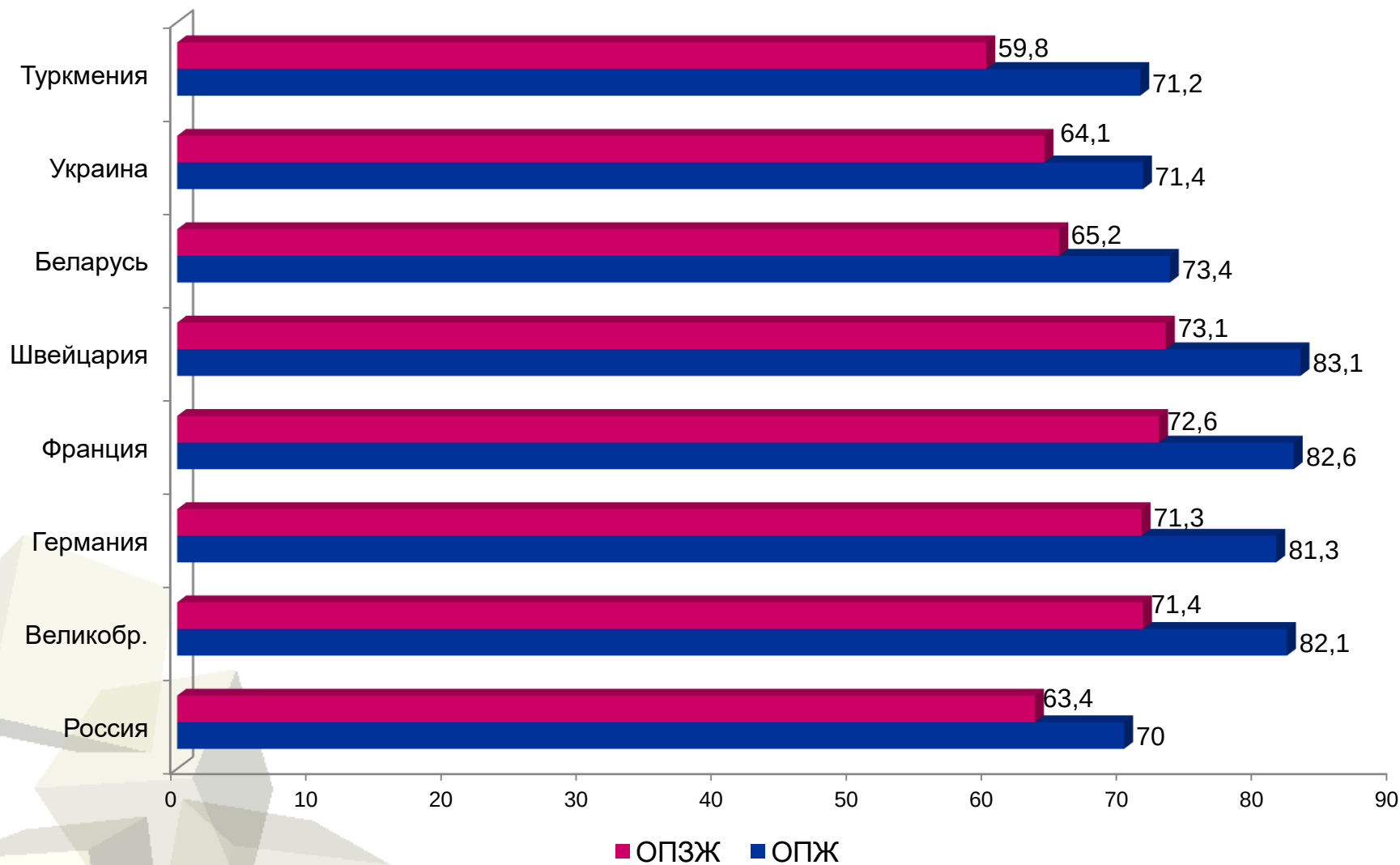


— Самооценка — Хронические заболевания

ОПЖ и ОПЗЖ в России в зависимости от самооценки здоровья (на 2004г)

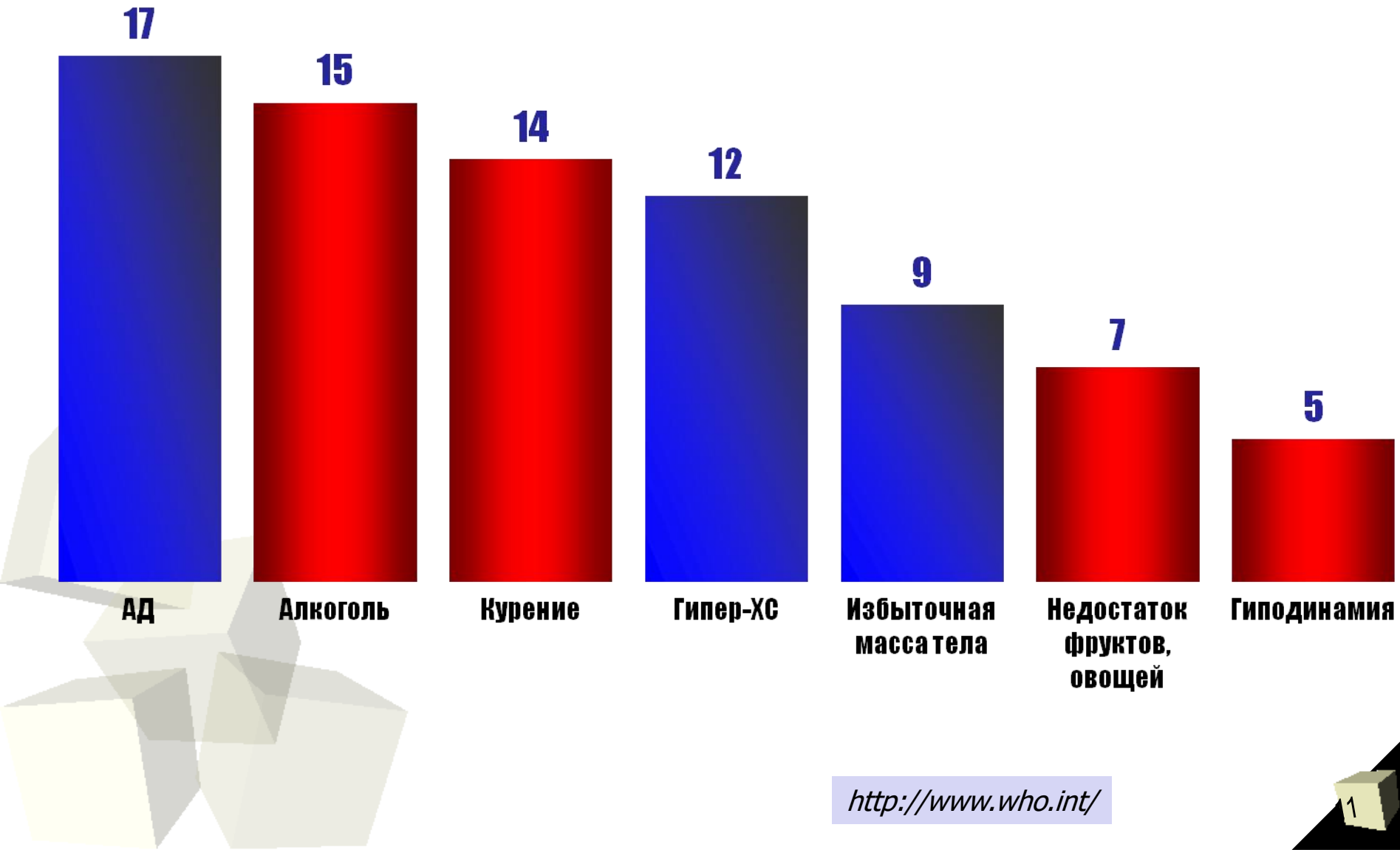
Возраст, лет	Мужчины			Женщины		
	ОПЖ	ОПЗЖ при хорошем здоровье	ОПЗЖ при хр. болезнях	ОПЖ	ОПЗЖ при хорошем здоровье	ОПЗЖ при хр. болезнях
30	32,4	27,9	16,7	44,2	33,4	15,9
35	28,6	24,1	13,7	39,6	28,9	13,1
40	24,9	20,5	11,0	35,2	24,6	10,5
45	21,6	17,1	8,7	30,8	20,4	8,3
50	18,5	14,1	6,7	26,6	16,6	6,4
55	15,8	11,4	5,1	22,6	13,0	4,8
60	13,2	9,0	3,8	18,8	9,8	3,5
65	11,1	6,9	2,7	15,3	7,0	2,5
70	9,0	5,1	1,9	11,9	4,7	1,7
75	7,3	3,5	1,3	9,0	2,9	1,0
80	5,8	2,3	0,9	6,6	1,6	0,6
85	4,3	1,0	0,3	4,6	0,6	0,2

Продолжительность здоровой жизни на момент рождения в 2015г.





Потерянные годы здоровой жизни россиян, обусловленные ведущими причинами

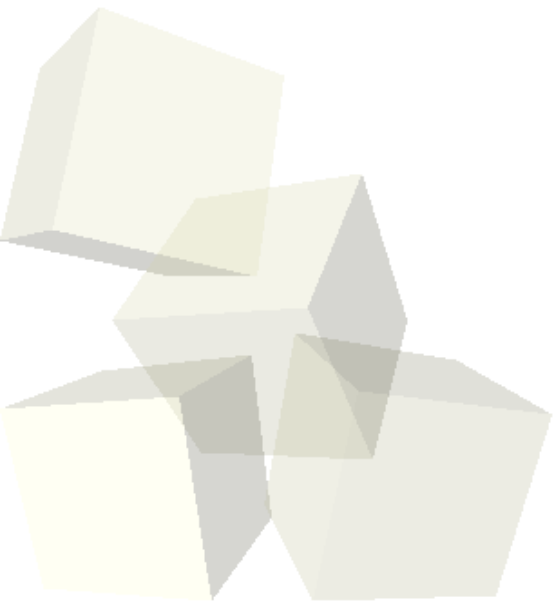




Модели смертности

- Одной из наиболее популярных моделей, описывающих влияние факторов окружающей среды на демографические процессы, является модель Гомперца-Мейкема, описывающая интенсивность смертности по числу доживающих до возраста в популяции, с учетом эмпирических параметров

(Gompertz B. / Philos. Transact. Royal Soc.- 1825)





Имитационная модель

демонстрирует специфику зависимости риска смертности по внешним причинам от возраста, предполагается, что на каждом временном интервале накапливается некая доза (D) негативного воздействия, при которой на интервале k объект выходит из строя (гибнет), тогда:

- для фиксированного k повышение смертности с возрастом имеет вид близкий к линейному
- вторая «социально-экологическая» составляющая D меняется экспоненциально
- при равном шансе воздействия/не воздействия доля слагаемого, не зависящего от возраста, при малых интервалах (т.е. в раннем возрасте) очень велика и далее снижается
- при интервале 50-60 лет, вклад слагаемых приблизительно равен

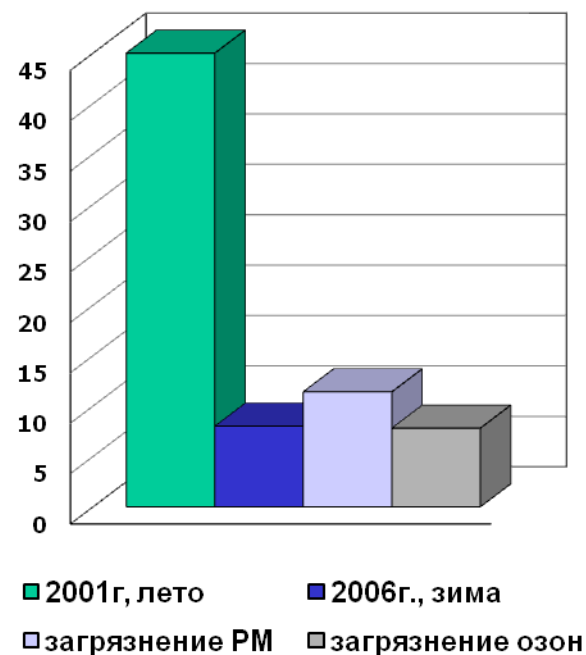
Корчевский А.А. /Гигиена и санитария, 2007



Влияние комплекса метеопараметров и загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения

- Использован метод анализа временных рядов, нашли минимум температурной кривой смертности (20°C) и далее рассматривали Пуассоновскую регрессионную модель ежедневной смертности (M) (MacCullagh and Nelder. 1989) на температуру ($T^{\circ}\text{C}$) и линейную регрессионную модель с учетом лагов
- Регрессия смертности в зависимости от T рассматривалась по интервалам: в одном смертность растет ($T > 20$), а в другом – уменьшается ($T < 20$)
- Лог-нормальное уравнение с постоянным углом наклона β_m предполагает, что зависимость экспоненциальная, а не линейная

Увеличение смертности населения г. Москвы, %



Управляемая модель динамики смертности трудоспособного населения

- Объектом управления являлись показатели смертности от различных причин, а также показатели социально-экономических условий жизни трудоспособного населения Республики Бурятия

Этапы работы

количественное описание уровней смертности, структуры; оценка внешних факторов

изучение связей между смертностью, заболеваемостью ССС, травмами, случайными отравлениями алкоголем,

разработка динамической модели

численные эксперименты:
проверка адекватности модели
и поиск оптимального управления

Постановка задачи д.б.н. М.П. Дьякович, Мат. Модель к.ф.м.н.Е.П. Бокмельдер, числ. Эксперименты д.т.н. А.Ю. Горнов

Динамическая модель



Снизить смертность можно

- 1 вариант: снизив уровень потребления алкоголя до минимального, что снизит стрессированность
- 2 вариант: увеличив расходы на здравоохранение до 21,2 тыс рублей на человека в год и среднедушевой доход до 67 тысяч

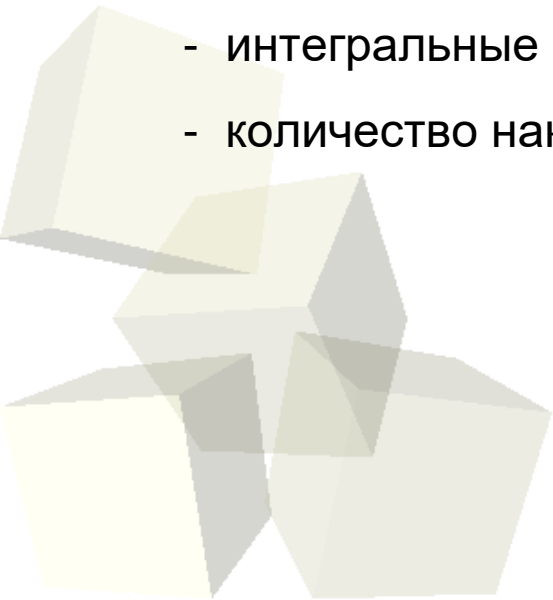
Бокмельдер Е.П., Дьякович М.П.// Труды междунар. конф. «Новые ИТ в медицине, биологии, фармакологии и экологии», 2008



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ!

Что анализируют при подготовке концепций развития чаще всего?

- доля проб атмосферного воздуха, воды, почвы, превышающей гигиенические нормативы
- интегральные показатели (ИЗА, ИЗВ)
- количество накопленных отходов



Факторы, определяющие вероятность развития нарушений состояния здоровья человека



Генетические
факторы

Качество жизни

Образ жизни и
поведение

ЗДОРОВЬЕ

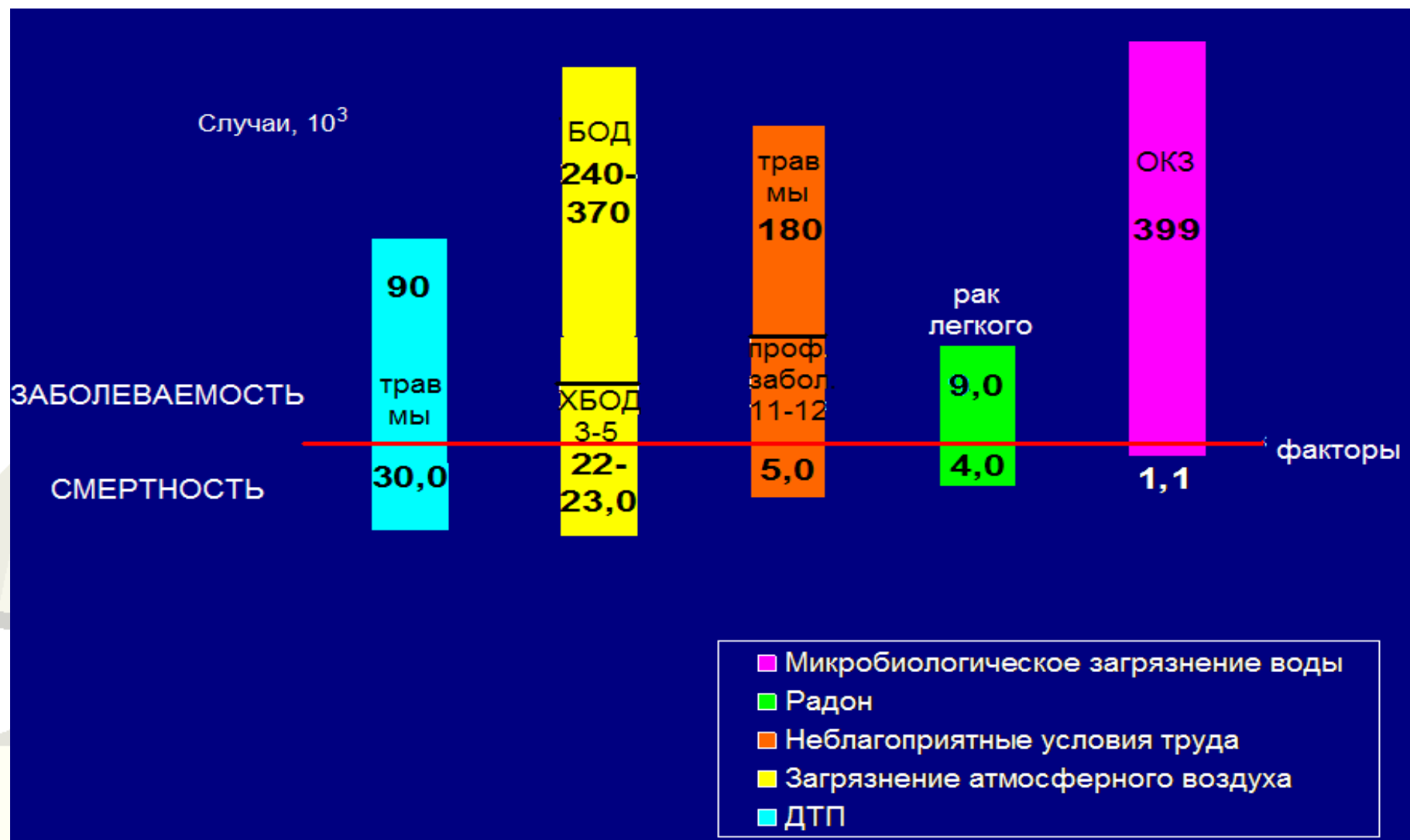
Экосистемы

Трудовая
деятельность

Окружающая
среда



Прогнозная оценка влияния факторов окружающей среды на здоровье населения РФ



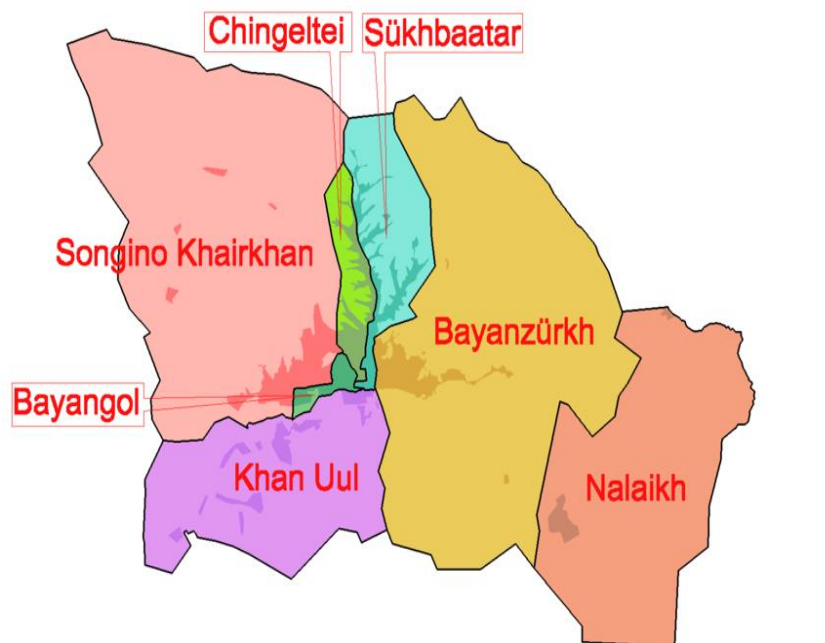
ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ «ЧАСТОТА БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ - ФАКТОРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ» НА ПРИМЕРЕ СУТОЧНОЙ ОБРАЩАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ УЛАН-БАТОРА



- › Разработка математических моделей (рассеивания выбросов и зависимости заболеваемости от загрязнения) для города Улан-Батор
- › Проведение многовариантных расчетов и получение численных и качественных оценок показателей здоровья населения
- › Выработка рекомендаций по стабилизации качества среды и здоровья населения г. Улан-Батор

Постановка задачи д.м.н.
Н.В.Ефимрва, мат. модель
д.ф.м.н.В.А. Батурин. ГИС
д.т.н. Г.М. Ружников

Район исследования



➤ Улан-Батор - населения 1,5 млн

➤ Метеопараметры

- максимальная T июль = 38°C ,
минимальная T январь = $-46,7^{\circ}\text{C}$

- относительная влажность воздуха
40–80 %, летом 20–30 %

- преобладающие направления ветра в
летом - северо-западное и северное, в
зимой - юго-восточное

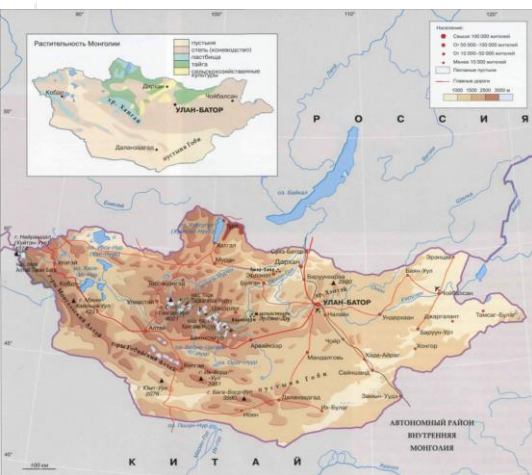
- средняя скорость ветра 3,3-5,7 м/с,
максимальная - 28 м/с

➤ Расположение источников
загрязнения

- ТЭЦ расположены в юго-западном и западном
районах,

- котельные – в северной и восточной части

- юрточная застройка располагается на
возвышенности, со всех сторон





Источники информации

- Гигиеническая оценка в Улан-Баторе дана по результатам мониторинга гидрометеорологической службы Монголии за 2010-2013 года
- В качестве возможных предикторов рассматривали данные регулярных замеров температуры, влажности, скорости ветра, давления, а также концентрации примесей в атмосферном воздухе, полученных на постах наблюдения (ПНЗ)
- Анализ обращаемости за медицинской помощью в лечебные учреждения проведен по данным информационной базы департамента здравоохранения Улан-Батора
- Всего учтено более 110 тысяч случаев заболеваний, которые сгруппированы по возрастным категориям (0-14, 15-17 и старше 18 лет) и районам проживания, привязанным к ПНЗ
- В качестве основного эффекта воздействия аэровыбросов рассматривали болезни органов дыхания: ОРВИ, о. бронхит, хроническая патология респираторного тракта

Модель распространения примесей в атмосфере

- Камерная модель основана на уравнениях турбулентной диффузии (Дж.Тейлор, А.А.Фридман, Л.В.Келлер, А.Н.Колмогоров и др)
- Область влияния примесей разбивается на так называемые камеры, в каждой из которых распространение примесей описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений
- Модель учитывает диффузионные потоки (горизонтальные и вертикальные), ветровые переносы, интенсивность выбросов



Изучение распространения примесей

- Наиболее высокое хроническое ингаляционное воздействие наблюдается в компактных благоустроенных районах центральной и южной частей города
- Сухбатор $HI_{chr}=10,6$; $HQ_{ac}=16,9$;
- Баянгол $HI_{chr}=8,8$; $HQ_{ac}=10,6$;
- Хануул $HI_{chr}=5,2$; $HQ_{ac}=8,0$
- Максимальную долю в суммарный общетоксический риск вносят взвешенные вещества (PM_{10} и $PM_{2,5}$)

- Условия сценариев:
 - начальное состояние бралось на уровне ПДК, выбросы рассчитывались для каждой ячейки в зависимости от количества источников загрязнения в этой ячейке
 - Рассматривали два слоя:
 - 1- первый – от 0 м до 50 м (для автотранспорта, юрт, котельных)
 - 2 – от 50 м до 200 м (ТЭЦ)
- каждый слой разбит на ячейки $600\text{м} \times 600\text{м}$

Динамика заболеваемости населения (в недельном режиме)

$$dX/dt = Qx + Bu + C(T_0 - T_0^*)$$

где t – время

$x(t)$ - вектор, характеризующий число случаев заболевания в течение недели

$u(t)$ - скалярный показатель загрязнения атмосферного воздуха HQ веществ: CO, NO₂, NO, PM10, SO₂

T_0 - средняя температура (°C) в течение недели,

- T_0^* - средний многолетний уровень температуры в течении недели
- вектора B и C отражают влияния загрязнения и температуры,
- Q - матрица отражает процессы самовосстановления здоровья и ассоциированности нозологических форм



Для оценки точности модели используется: интегральная ошибка по всем показателям модели; интегральная ошибка по отдельным показателям модели



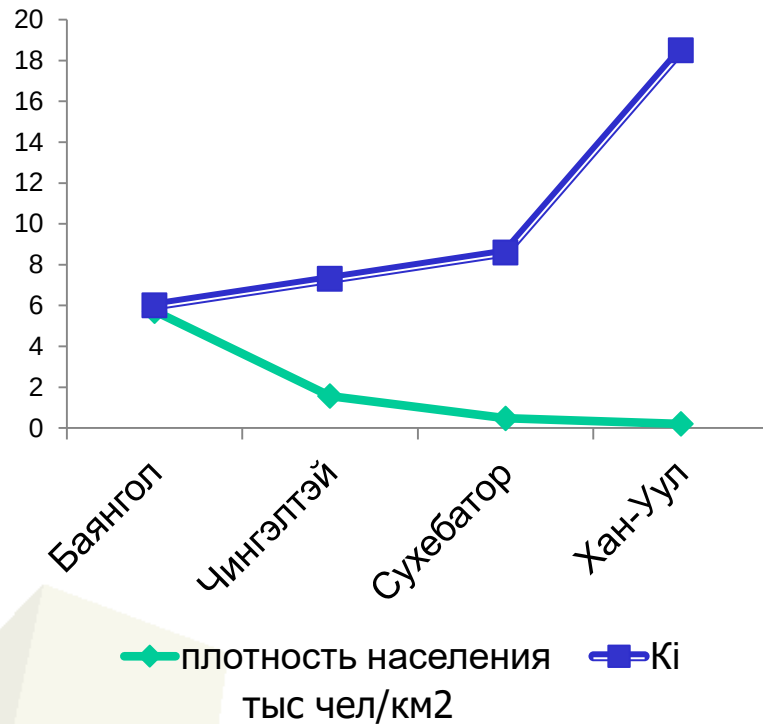
обобщая результаты идентификации математической модели заболеваемости органов дыхания, требующей оказания помощи в стационаре отметим следующее:

- точность расчетных данных имеет обратную зависимость не только от площади района, но и от плотности населения
- точность расчетных данных зависит от численности групп наблюдения. Наиболее точные расчеты получены на многочисленных возрастных группах: детском и взрослом населении, точность расчетов числа заболеваний которых в 1,5-2 раза выше, чем для подростков
- точность расчетных данных зависит от частоты моделируемого явления. Наиболее точные расчеты получены для острых респираторных заболеваний и обострения хронической патологии органов дыхания, точность расчетов для которых на 10-16% выше, чем для острого бронхита

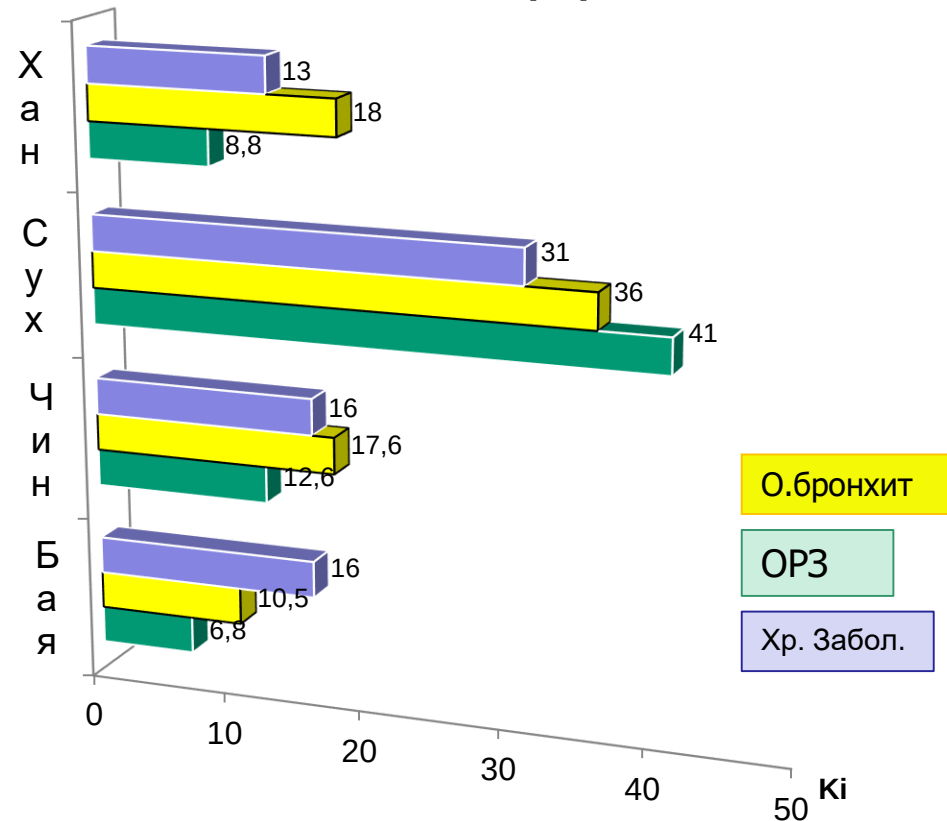


Характеристика точности моделей Ki

Интегральная ошибка, %



по отдельным нозоформам



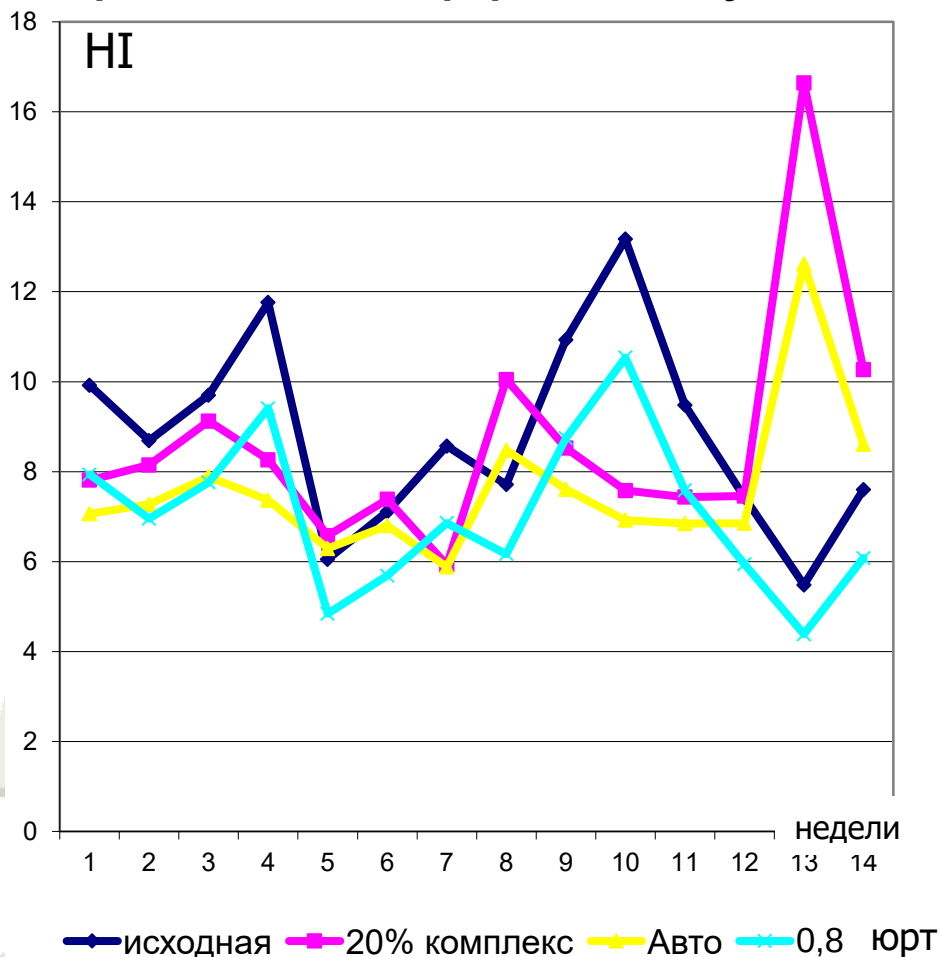
➤ **Ki** имеет обратную зависимость не только от площади района, но и от плотности населения

➤ **Ki** зависит от численности групп наблюдения. Наиболее точные расчеты получены на многочисленных возрастных группах: детском и взрослом населении, точность расчетов числа заболеваний которых в 1,5-2 раза выше, чем для подростков

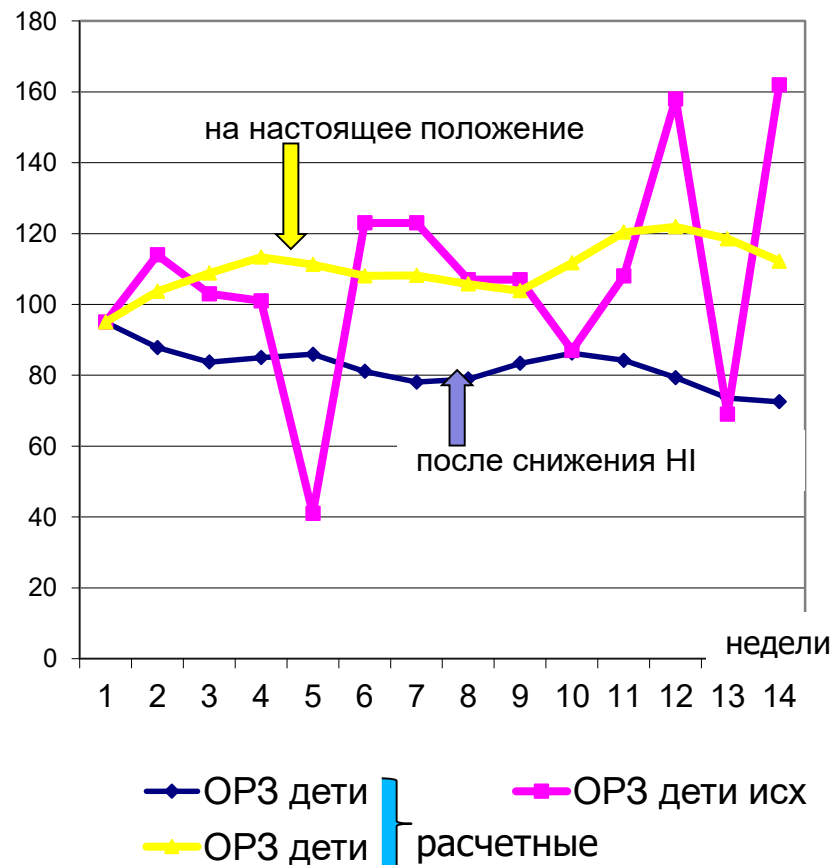
➤ **Ki** зависит от частоты моделируемого явления. Наиболее точные расчеты получены для острых респираторных заболеваний и обострения хронической патологии органов дыхания, точность расчетов для которых на 10-16% выше, чем для острого бронхита

Сценарии по снижению воздействия

Загрязнение атмосферного воздуха

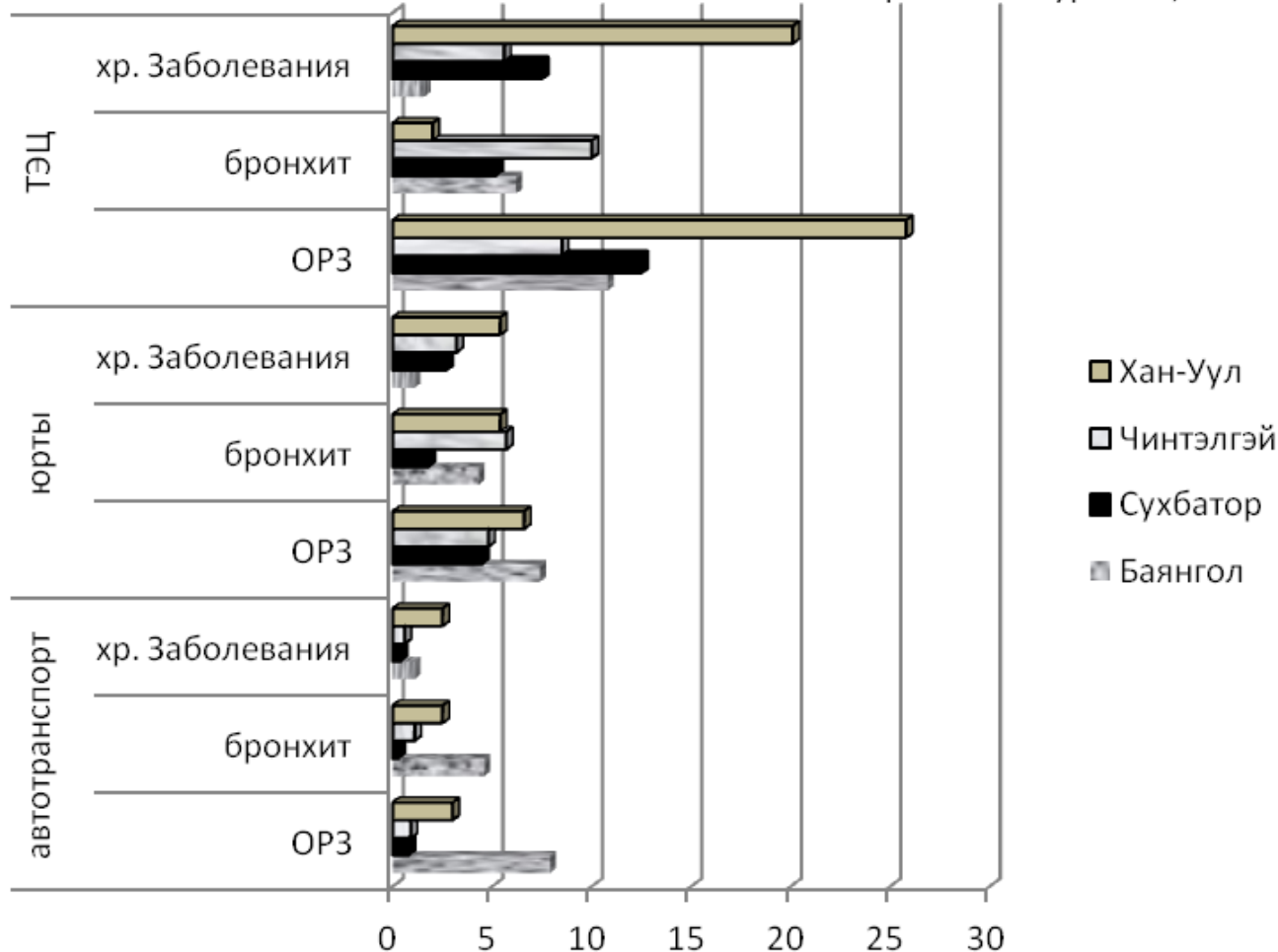


Число случаев ОРВИ у детей





снижение частоты заболеваний от фонового уровня, %



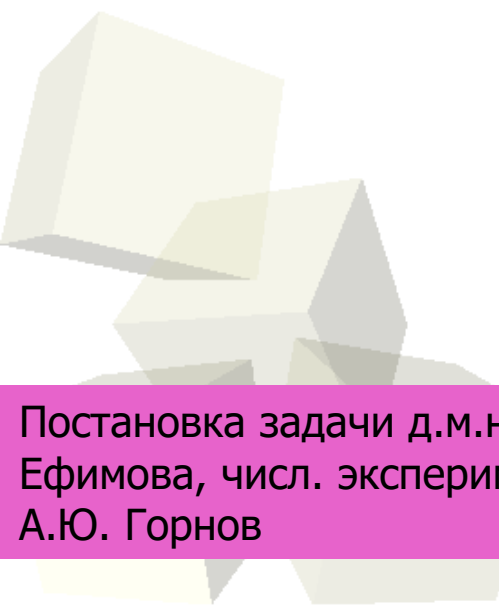
➤ Снижение выбросов автотранспорта приведет к уменьшению ИИ и частоты заболеваний

Баянгол на 13,6%
Хан-Уул – 8%

➤ Снижение выбросов ТЭЦ,
Хан-Уул – 28%
Баянгол – 22%



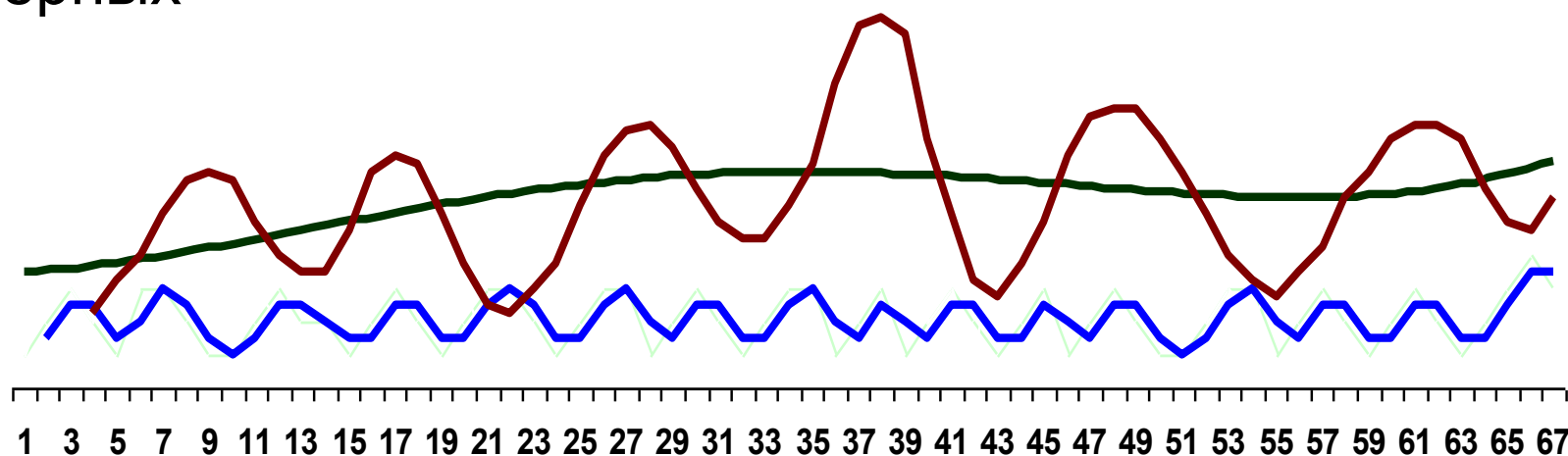
Методические подходы к изучению влияния на здоровье населения краткосрочного ингаляционного воздействия на фоне длительного загрязнения атмосферного воздуха



Постановка задачи д.м.н. Н.В.
Ефимова, числ. эксперименты д.т.н.
А.Ю. Горнов

хронологий пожаров СФО

Анализ частотно-временной структуры хронологий пожаров и основных климатических факторов в Сибири показал, что лесные пожары в данном регионе имеют выраженную 3-4, 11 и 61-62-летнюю цикличность и определяются уровнем увлажнения мая-июня в центральных и южных районах и июля-августа – в северных



ГОДЫ

- ▶ Особенно опасны пожары на территориях с высоким промышленным развитием.
- ▶ Длительные техногенные эмиссии влияют на степень поражения лесной экосистемы и приводят дисбалансу органиогенных элементов и накоплению токсикантов в тканях растений.
- ▶ Основными загрязнителями атмосферы при горении лесных массивов из техногенных зон являются: CO, CO₂, NO_x, SO₂, H₂S, C, HCN, SiO₂, HCHO, органические кислоты, бенз(а)пирен

Увеличение дымообразования на промышленно развитых территориях, %

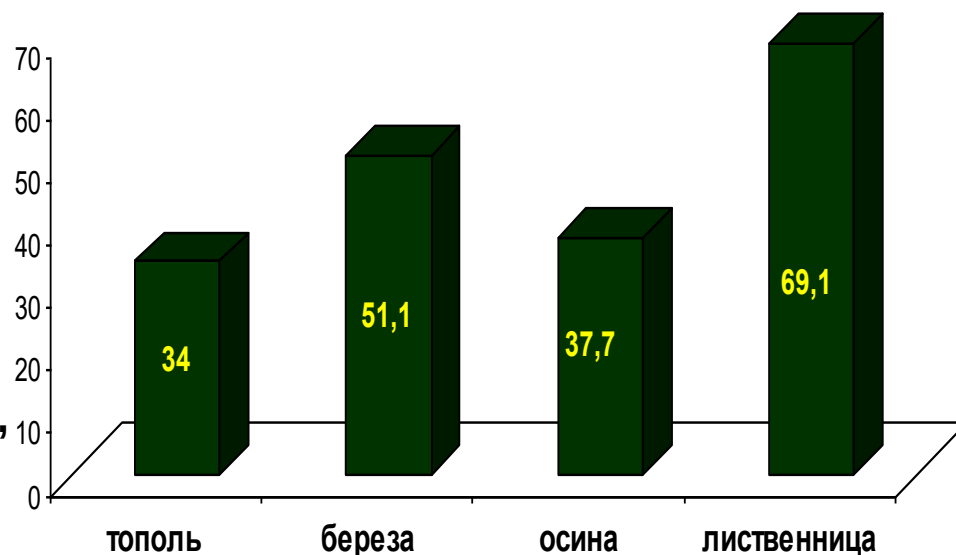
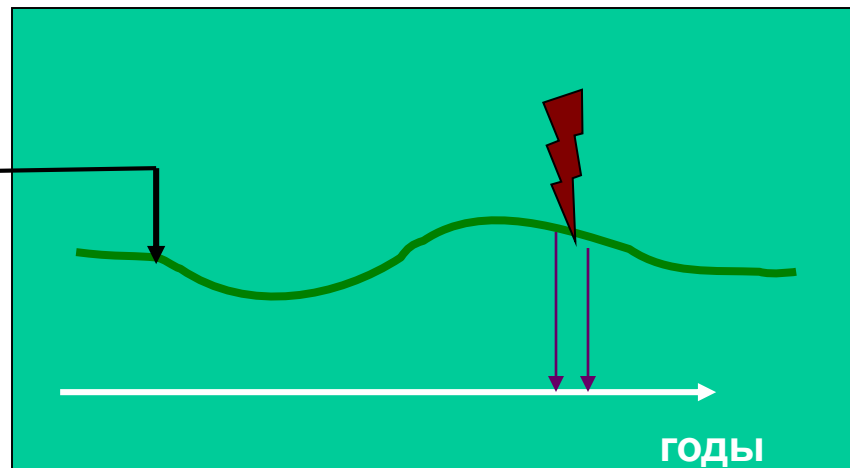


СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ

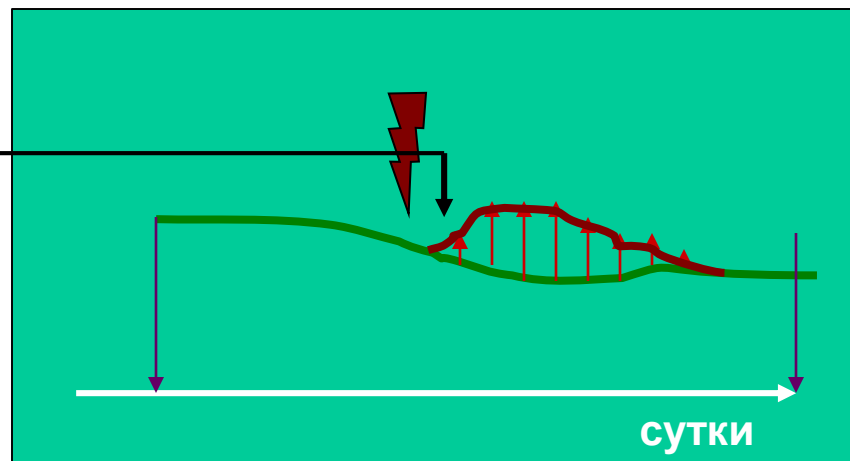




**Динамика потерь здоровья при
хроническом загрязнении**

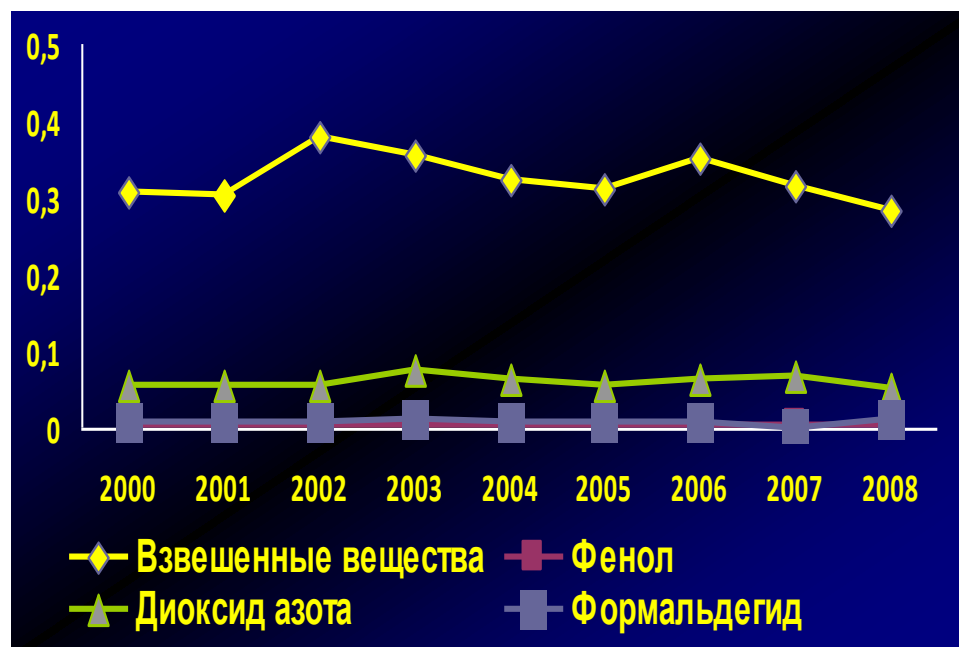


**Динамика потерь здоровья при
«возмущающем» кратковременном
воздействии на фоне
хронического загрязнения**



Среднегодовые концентрации веществ в атмосферном воздухе г. Читы, мг/м³

выше ПДК



ниже ПДК

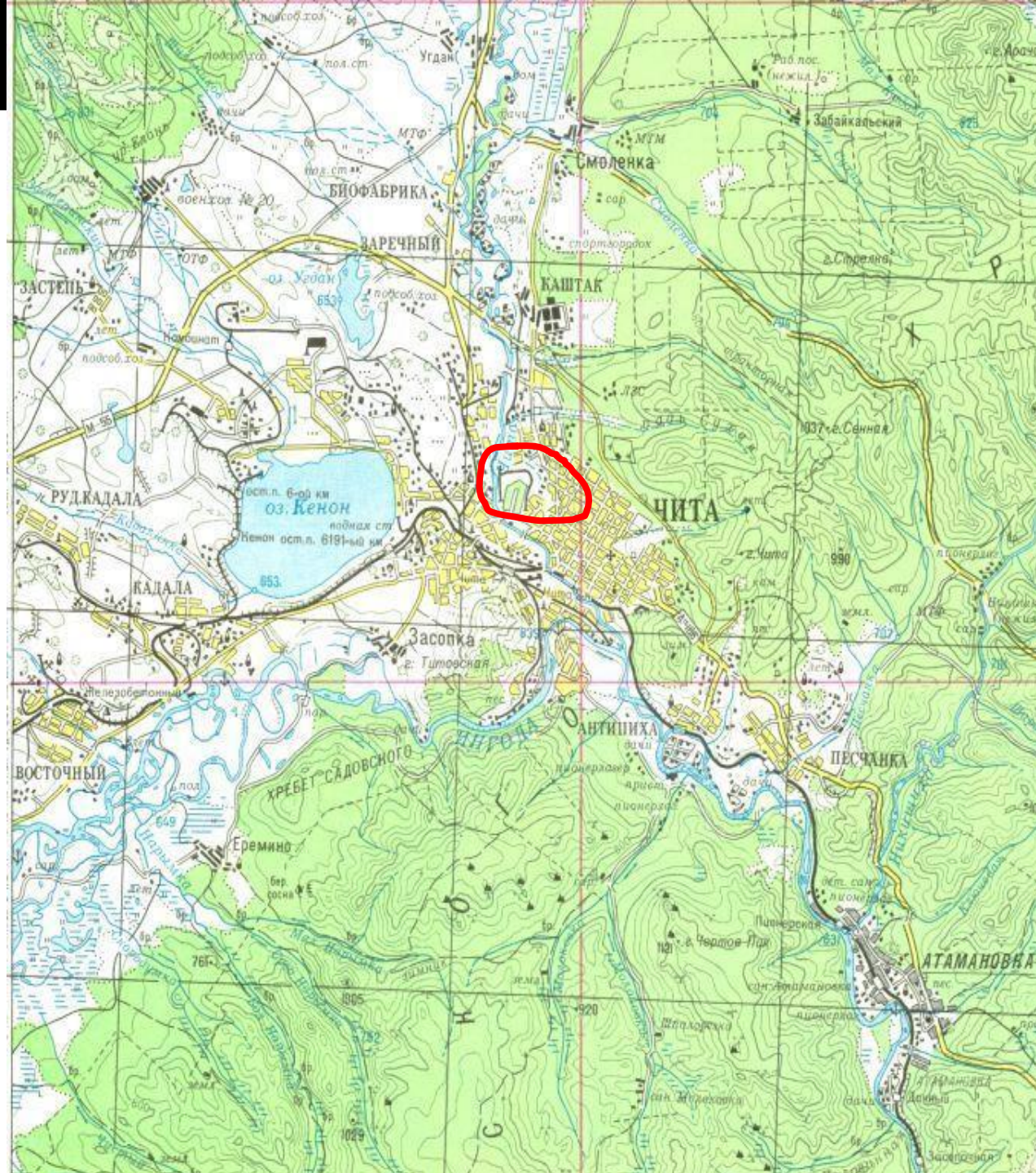


Среднегодовые концентрации превышали ПДКс.с взвешенных веществ - в 2,2 раза, диоксида азота в 1,5, формальдегида в 3,

бенз(а)пирена - 4,1, фенола- в 1,1 раза

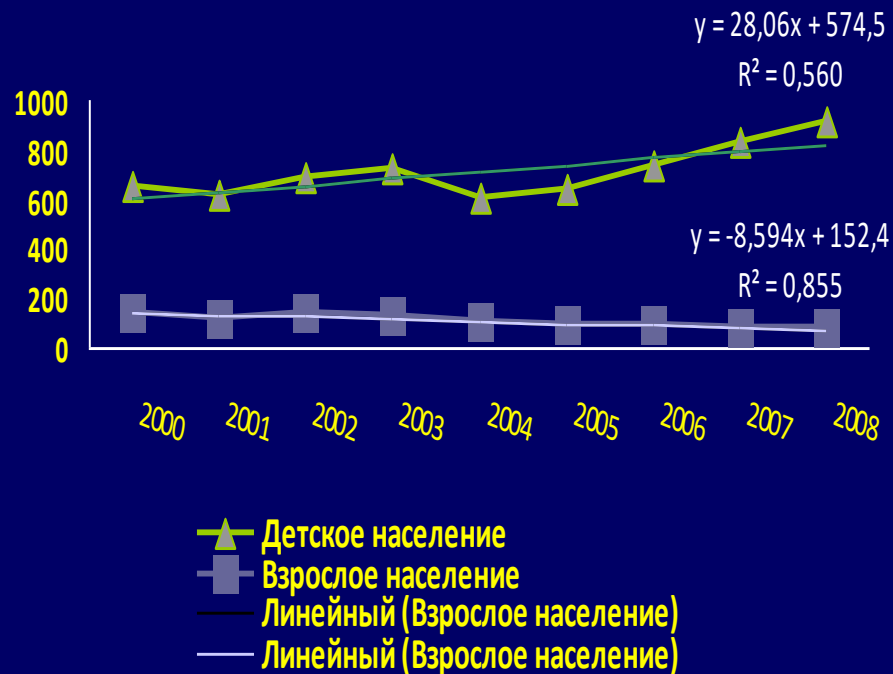
Умеренный уровень суммарного загрязнения атмосферы (Р) отмечался в 55%, сильный – 33%, слабый– 11% периода

- наибольший уровень загрязнения формируется в пониженной части рельефа, центральной части города



Впервые выявленная заболеваемость населения г. Читы (на 10000)

Болезни органов дыхания



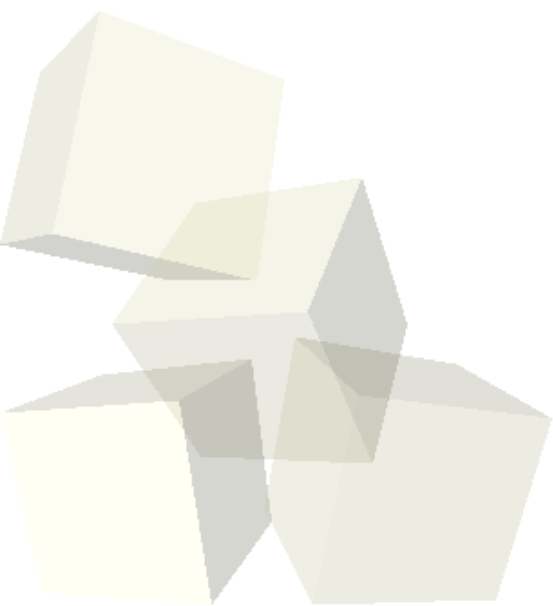
Болезни органов кровообращения



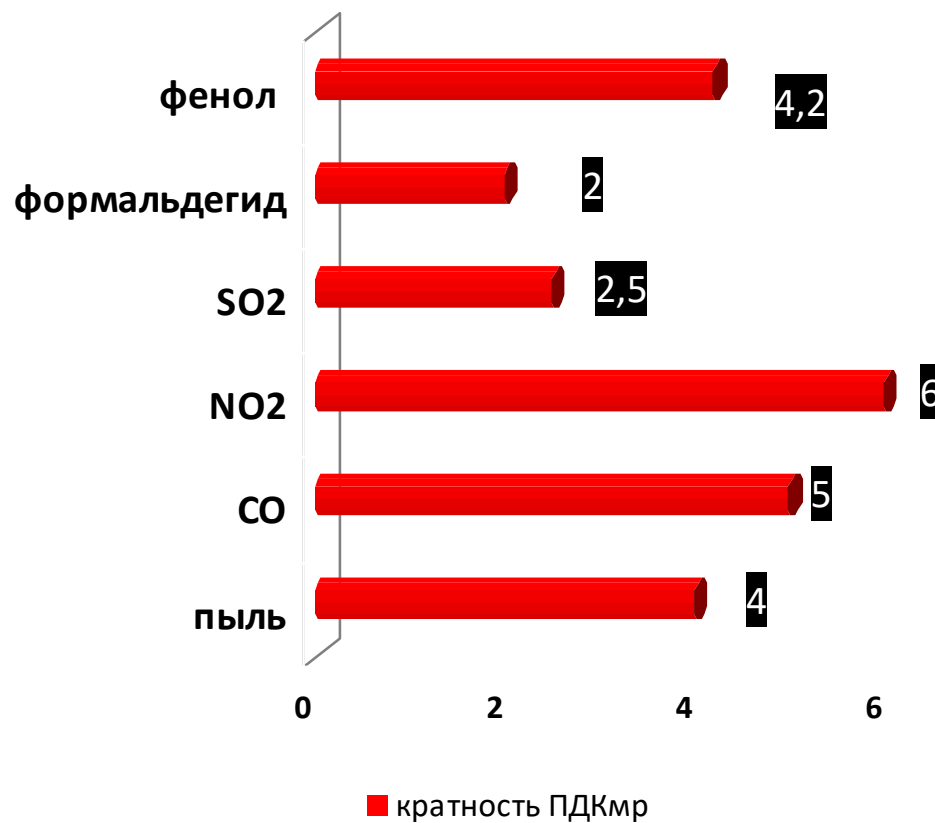
Темп роста впервые выявленной заболеваемости
 органов кровообращения 0,7 % у детей; **6,8 %** - у взрослых
 органов дыхания **4,8 %** у детей, -6,6% (убыль) у взрослых



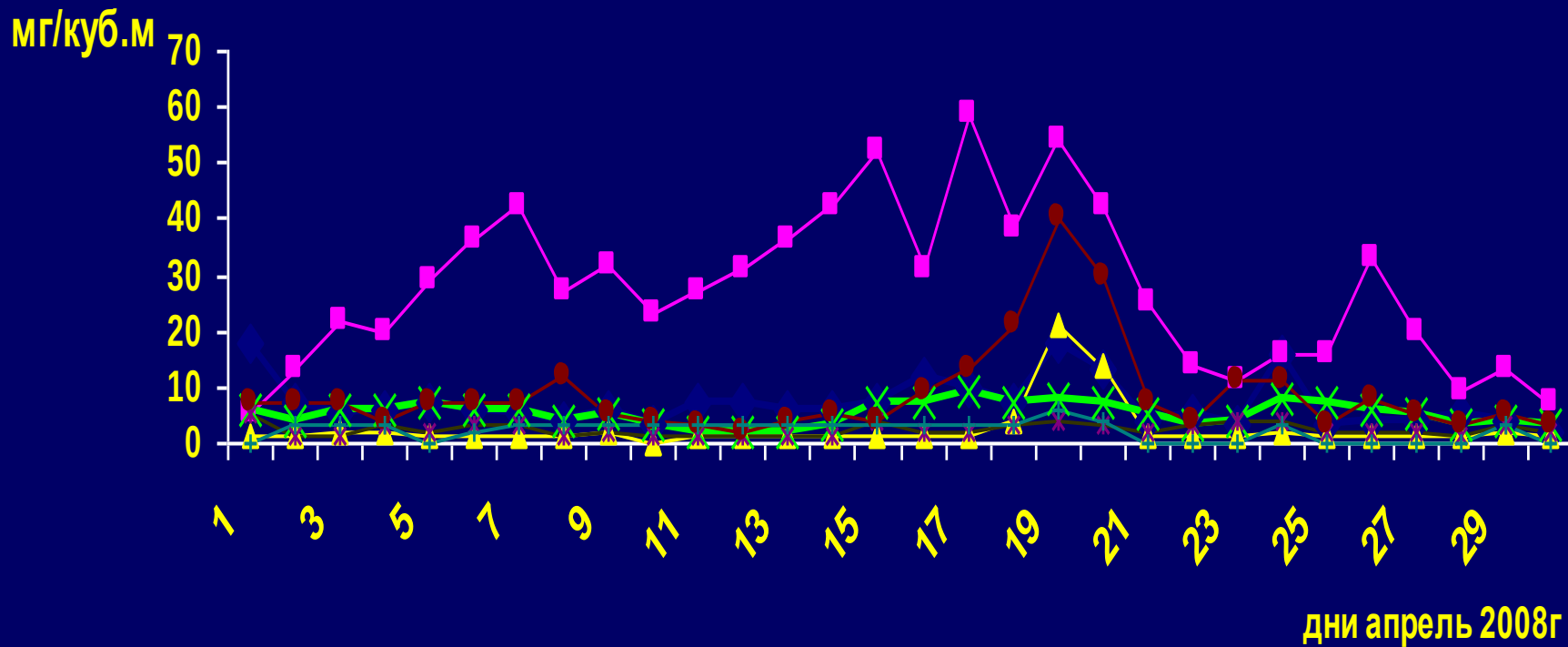
С помощью рядов Тейлора
в динамике загрязнения
атмосферного воздуха
выявлены временные
участки
отличные от фонового
состояния – апрель



Загрязнение атмосферного воздуха г.Читы в апреле



Концентрации примесей в атмосферном воздухе г. Чита



пыль 10E-1

SO2 10E-3

CO

NO2 10E-2

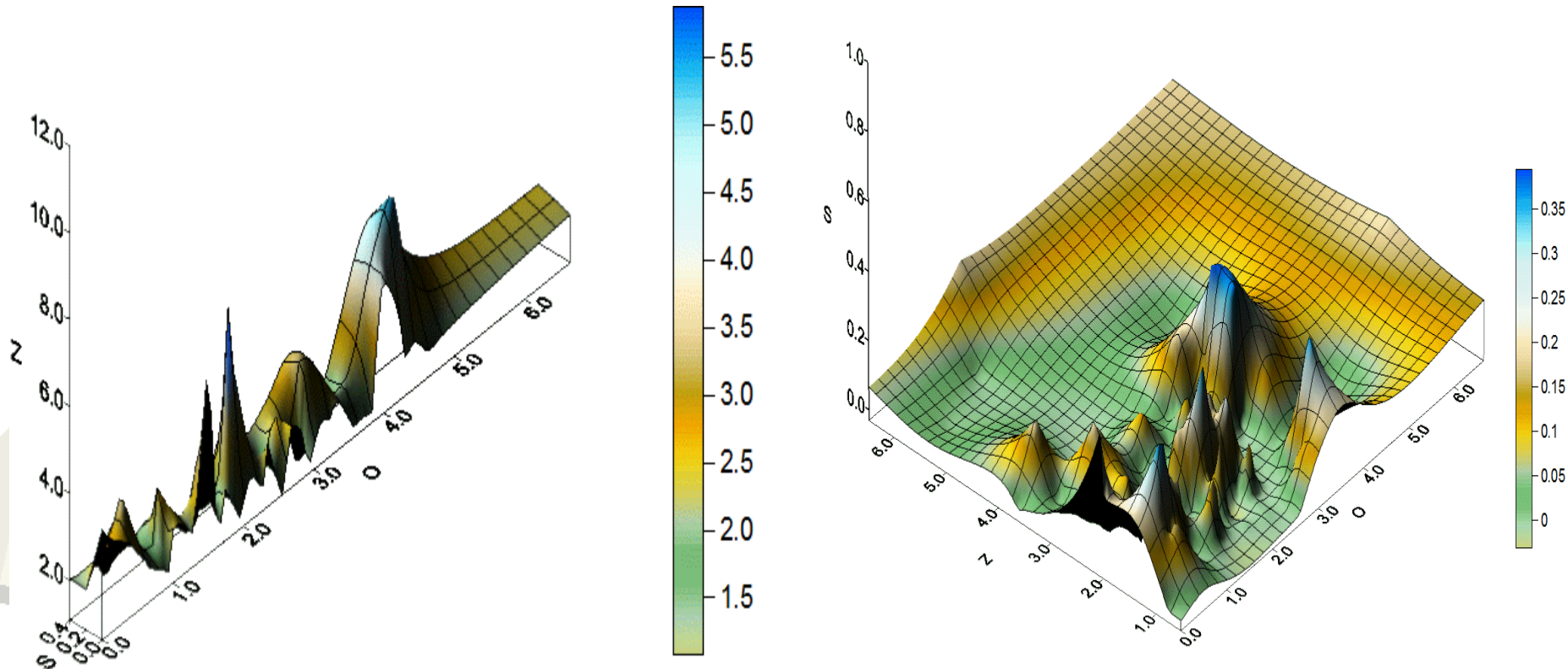
NO 10E-2

фенол 10E-3

сажа 10E-2

2 этап

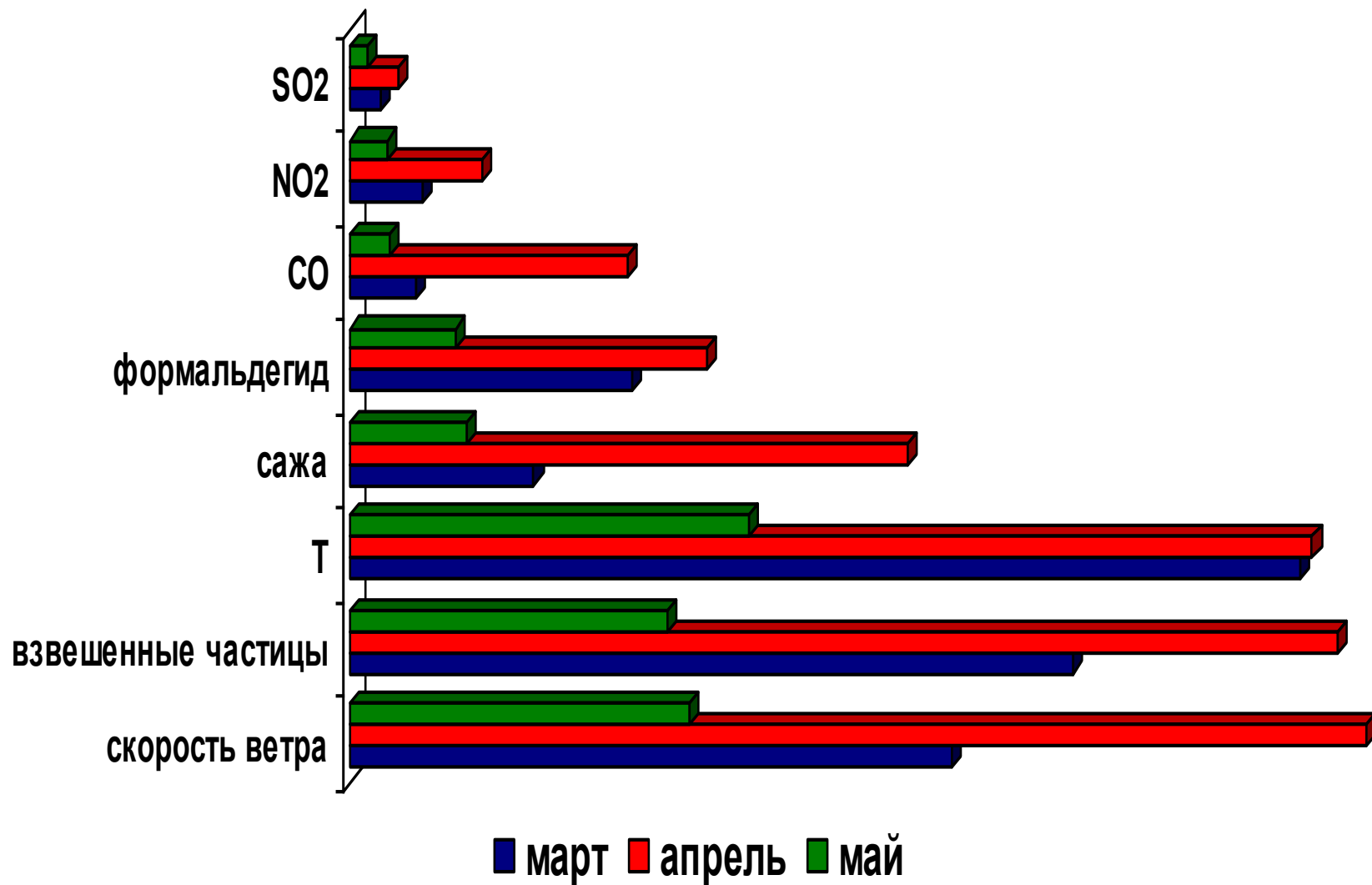
Зависимость показателей смертности, обращаемости и загрязнения (за апрель в г.Чите)



Примечание

- Обращаемость и смертность представлена по сумме болезней органов дыхания и кровообращения
- Загрязнение атмосферы - ИИ

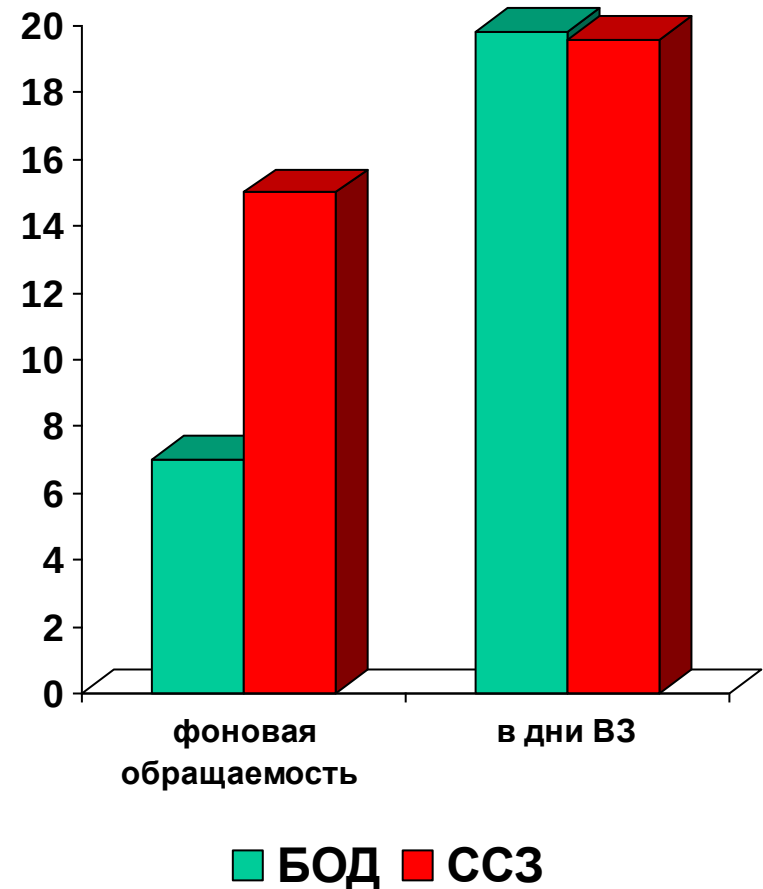
Информативность факторов внешней среды для объяснения смертности

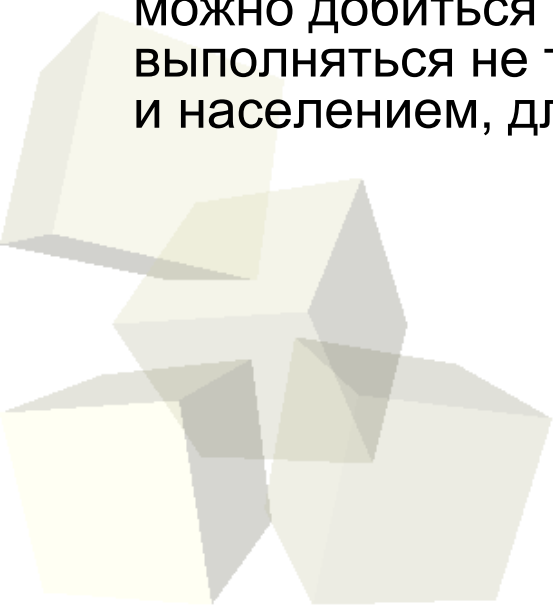




- В условиях переходного сезона в г.Чите при увеличении загрязнения воздушного бассейна взвешенными веществами на каждые 100 мкг происходит прирост обращаемости по поводу БОД на **31%**, ССЗ на **5 %** от фонового уровня

Число обращений на станцию СМП в Центральном районе

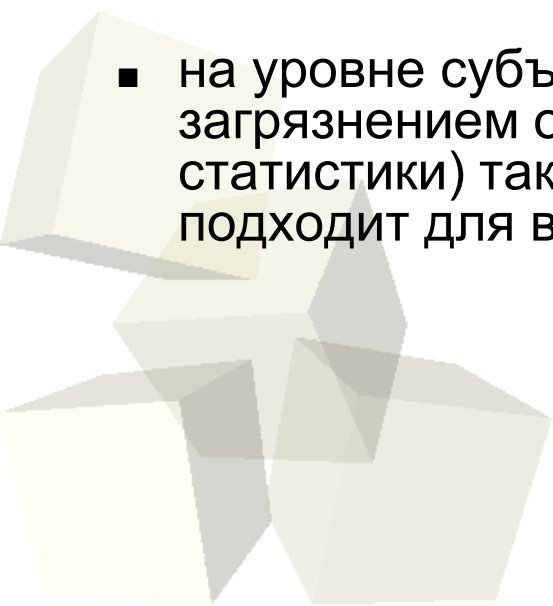


- 
- Отсутствие в России научно-методической основы в области расстановки экологических приоритетов и определенных методических приемов в системе сбора, обработки и формах представления ЛПР результатов анализа о связях факторов окружающей среды и здоровья не позволяет всем заинтересованным сторонам принимать участие в выработке оптимального решения и согласовывать его уже на стадии планирования
 - Только используя групповой принцип выработки решений, согласовывая их со всеми заинтересованными лицами, представляющими интересы различных учреждений, в том числе и представителей населения региона или локальной территории, можно добиться принятия эффективных решений, которые будут выполняться не только представителями исполнительной власти, но и населением, для которого эти мероприятия вырабатываются
- 



Обратите внимание → сравнивая результаты, полученные методами корреляционного или регрессионного анализ, на различных информационных массивах (районы города, город, субъект федерации, РФ) отмечено, что

- в условиях одного города, когда социально-экономические факторы усреднены можно выявить связь заболеваемости с загрязнением окружающей среды
- на федеральном уровне – выявляется лишь связь смертности с социально-экономическими факторами (СЭФ)
- на уровне субъекта возможность выявления связей здоровья с загрязнением окружающей среды (по данным официальной статистики) также маловероятна, но такой уровень наиболее подходит для выявления влияния СЭФ на смертность





Благодарю за внимание!

