



Состав микрочастиц в системе «атмосфера–снег–дорожная пыль–почвы– поверхностные воды»

Н.С. Касимов , О.Б. Поповичева, Н.Е. Кошелева
Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова

МИКРОЧАСТИЦЫ - ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

Загрязнения,
нагрев, затемнение,
туманы, смоги, микроклимат

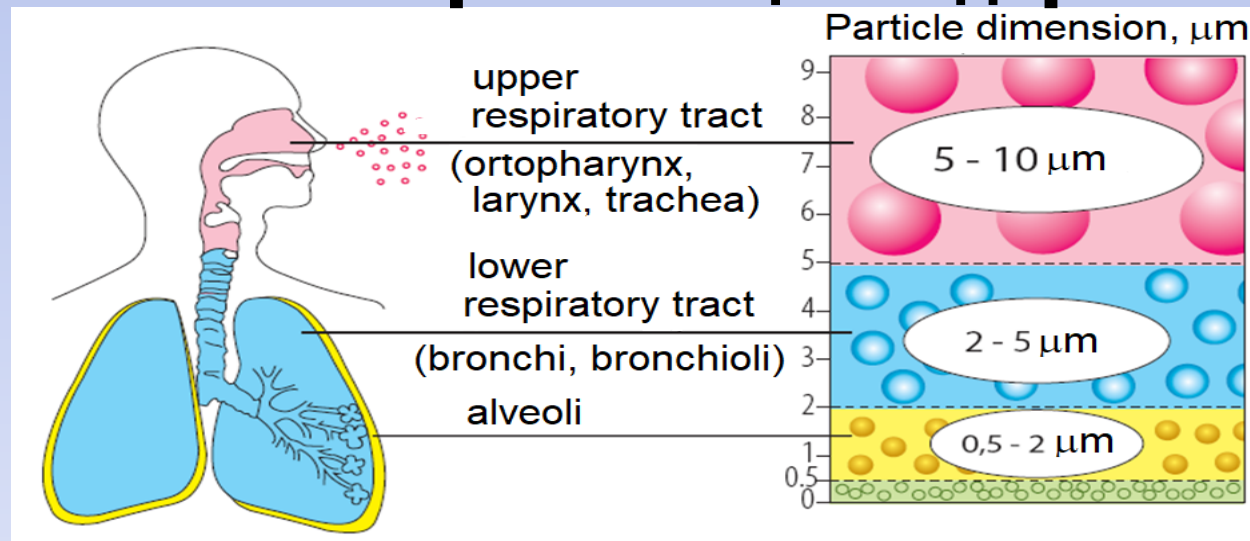


ИНДЕКС КАЧЕСТВА ВОЗДУХА AQI: PM10 ($< 10 \mu\text{m}$) PM2.5 ($< 2.5 \mu\text{m}$)

ПДК : 60 мкг/м³

25 мкг/м³

Воздействие микрочастиц на здоровье



определяется размером частиц

Частицы вдыхаемой фракции (PM2.5) наиболее опасны

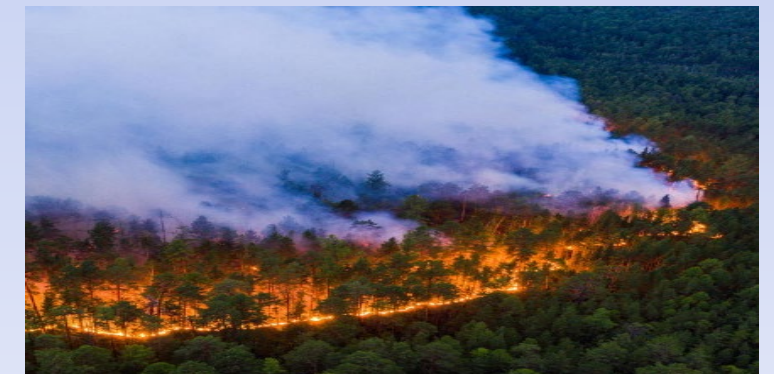
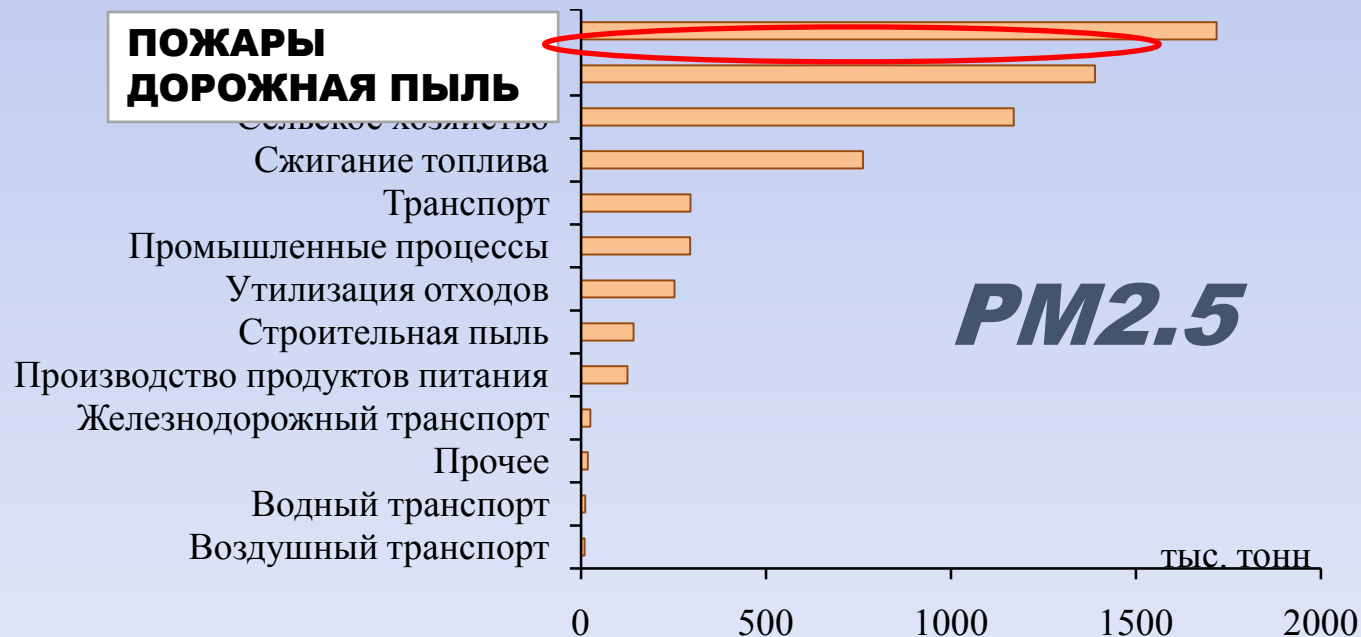
Наиболее высокая заболеваемость органов дыхания в урбанизированных районах (EPA, 2012)

Эмиссии микрочастиц в атмосферу

ДОРОЖНАЯ ПЫЛЬ
Сельское хозяйство
Пожары



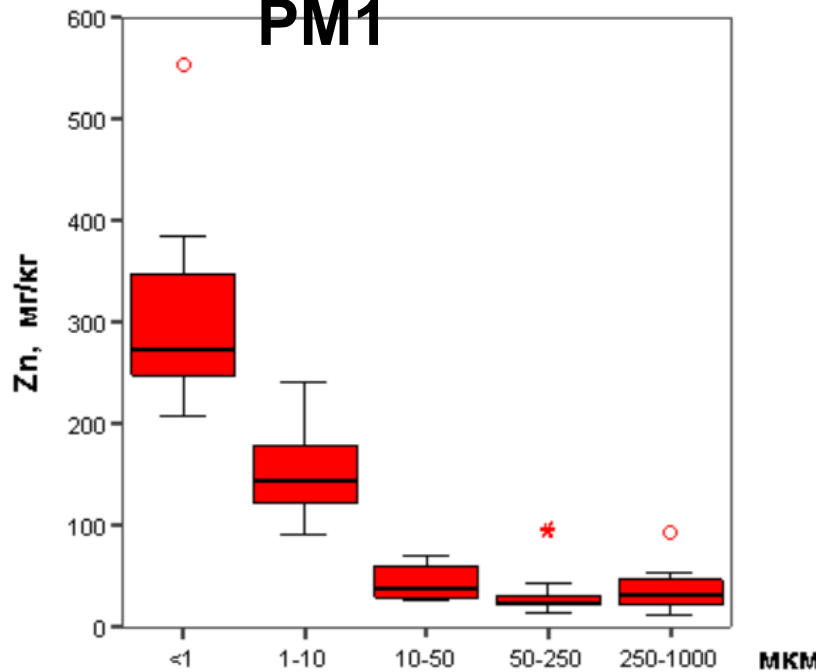
The National Emissions Inventory, 2017



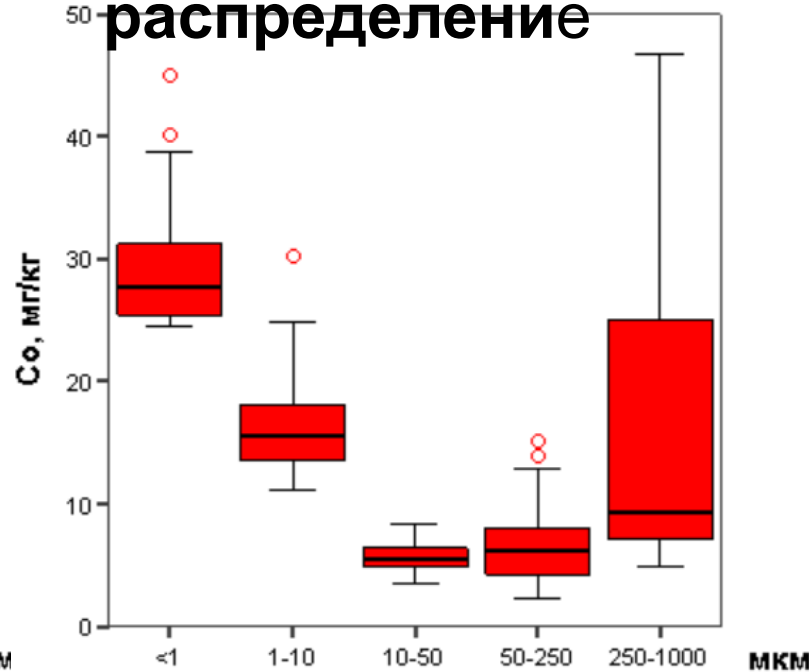
СОСТАВ МИКРОЧАСТИЦ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ РАЗМЕРОМ

Распределение элементов во фракциях фоновых дерново-подзолистых почв

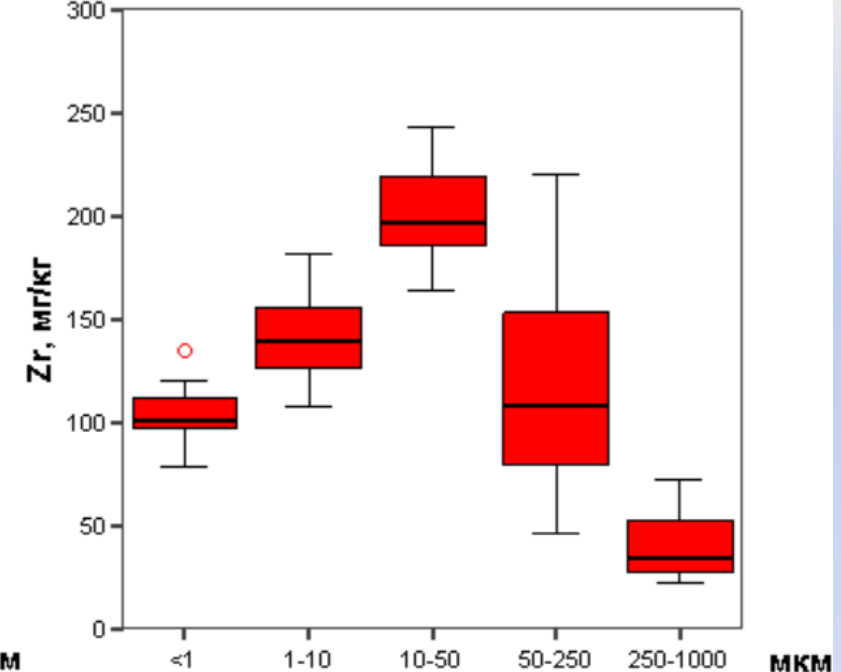
Больше в
PM1



Бимодальное
распределение



Больше в крупной



Zn Cd Sc V Ti Rb Th
Bi Sb As Sn Ni Li
Cs Be Ga

Co Fe Mo Mn

Zr Hf

Асеева и др., Почвоведение, 2022

Химический состав микрочастиц указывает на источники загрязнения



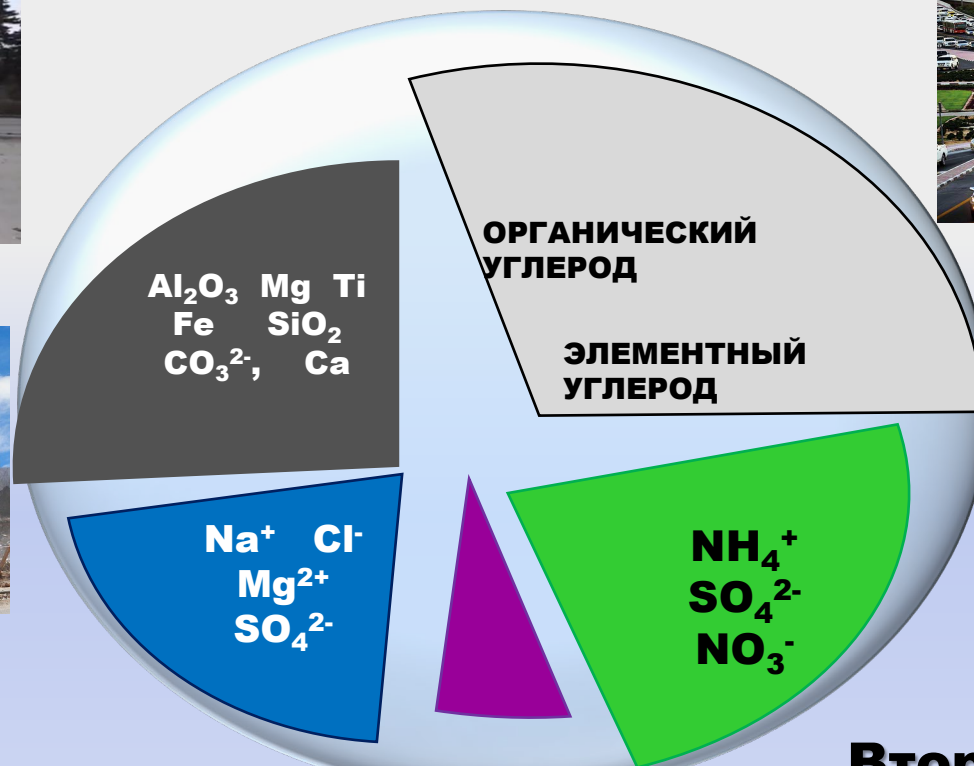
почва, пыль



строительство



соль



сжигание топлив и биомасс



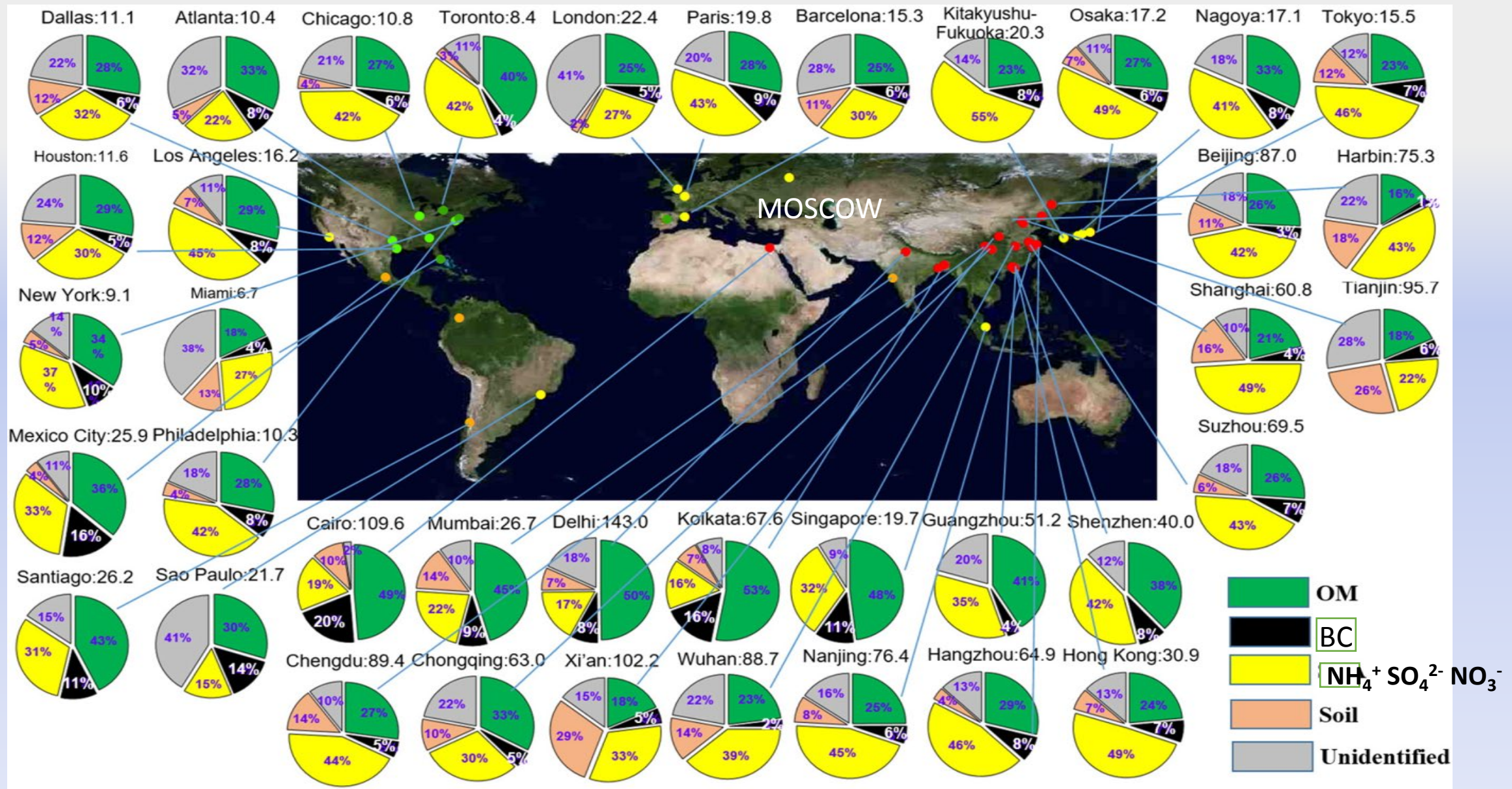
Вторичная неорганика



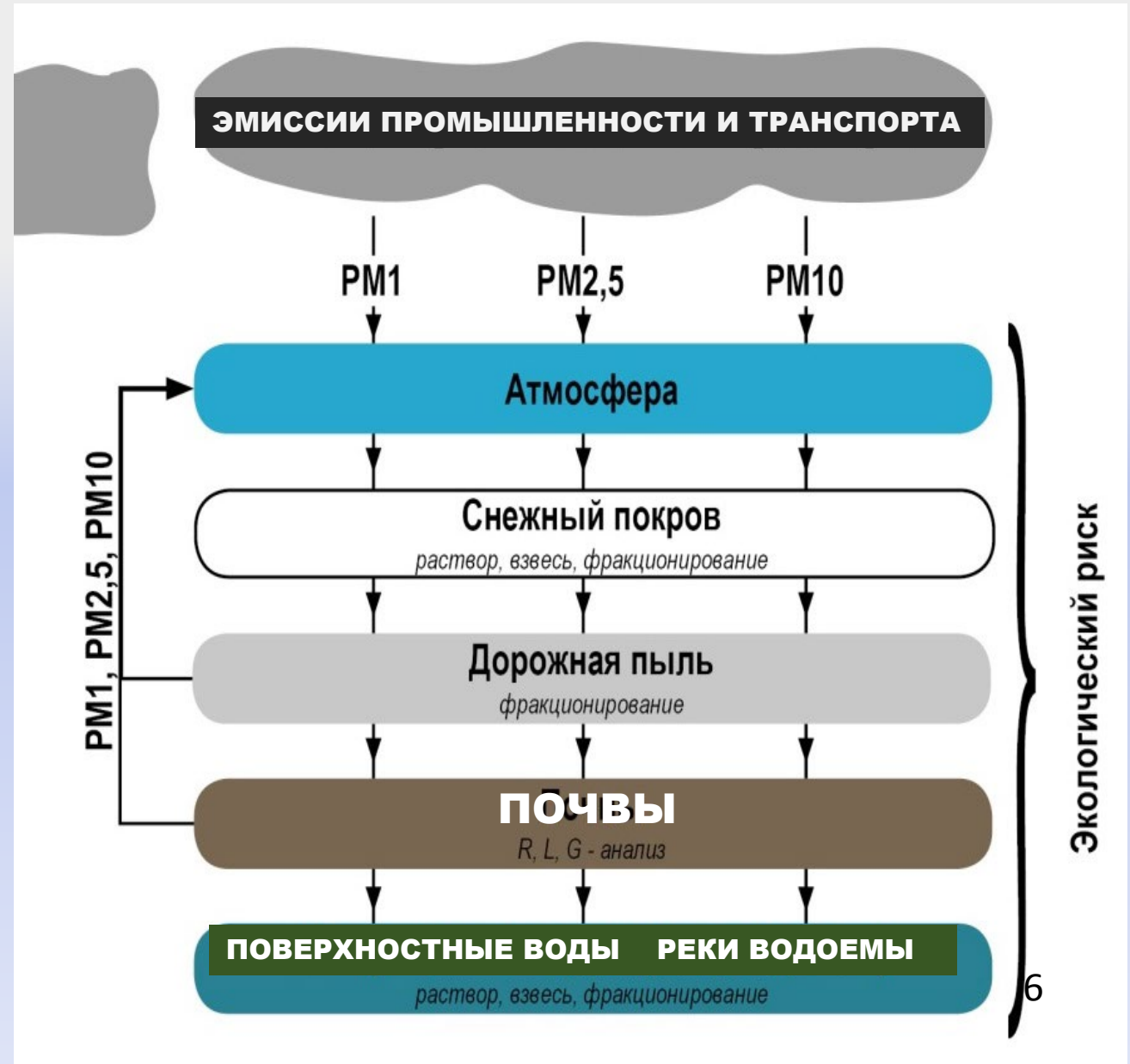
Промышленность, транспорт, дорожная пыль

Состав аэрозолей в мегаполисах мира

Cheng et al., Environmental International, 2016



Потоки микрочастиц в городе и компоненты городской среды

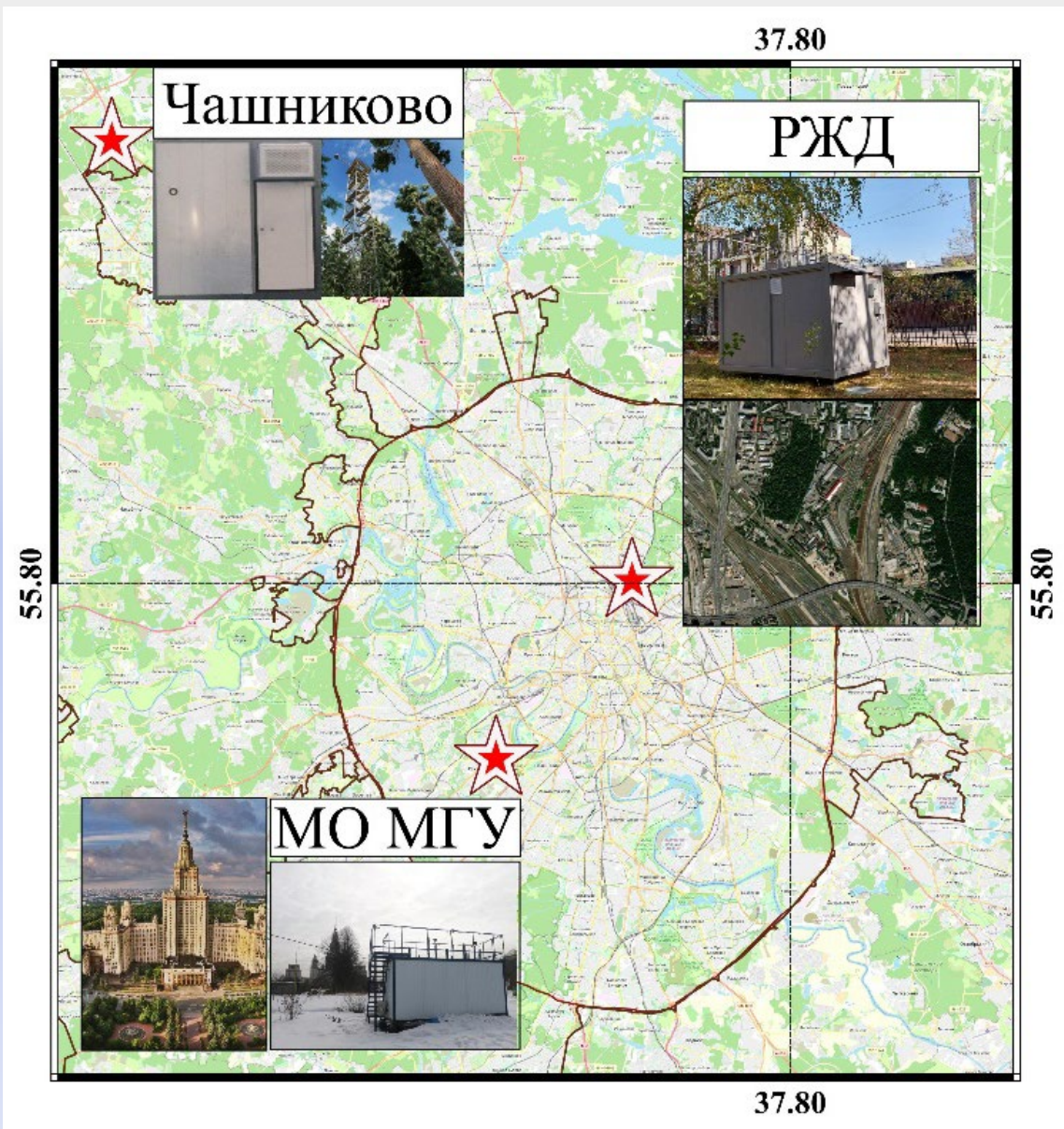


Технология оценки состава микрочастиц в системе «атмосфера–снег–дорожная пыль–почвы–поверхностные воды»

ПРОЕКТ РНФ « МЕГАПОЛИС »



АЭРОЗОЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС МГУ



- уникальная платформа анализа экологического состояния атмосферы и качества воздуха

Непрерывные измерения характеристик аэрозольной нагрузки атмосферы

- массовые концентрации PM_{10} , $PM_{2.5}$
- черный углерод BC
- органический углерод OC
- элементы ПТЭ
- ионы, вторичные аэрозоли
- полиароматические углеводороды

Аэрозольная нагрузка атмосферы Московского мегаполиса

Состав PM10

ОРГАНИКА = $OC \cdot 1.4$
 $2.42Fe + 1.94Ti$

МИН Soil = $2.2Al + 2.49Si + 1.63Ca +$

ВТОРИЧНЫЙ = $NH_4^+ + NO_3^- + SO_4^{2-}$

EC = elemental carbon

➤ ОРГАНИКА неизменна, в отличие от европейских городов, где 2-3 раза выше

зимой

➤ большой вклад мин почвы

зима ➤ макс ВТОРИЧНЫХ зимой,

в южных евро городах

летом

весна 2018

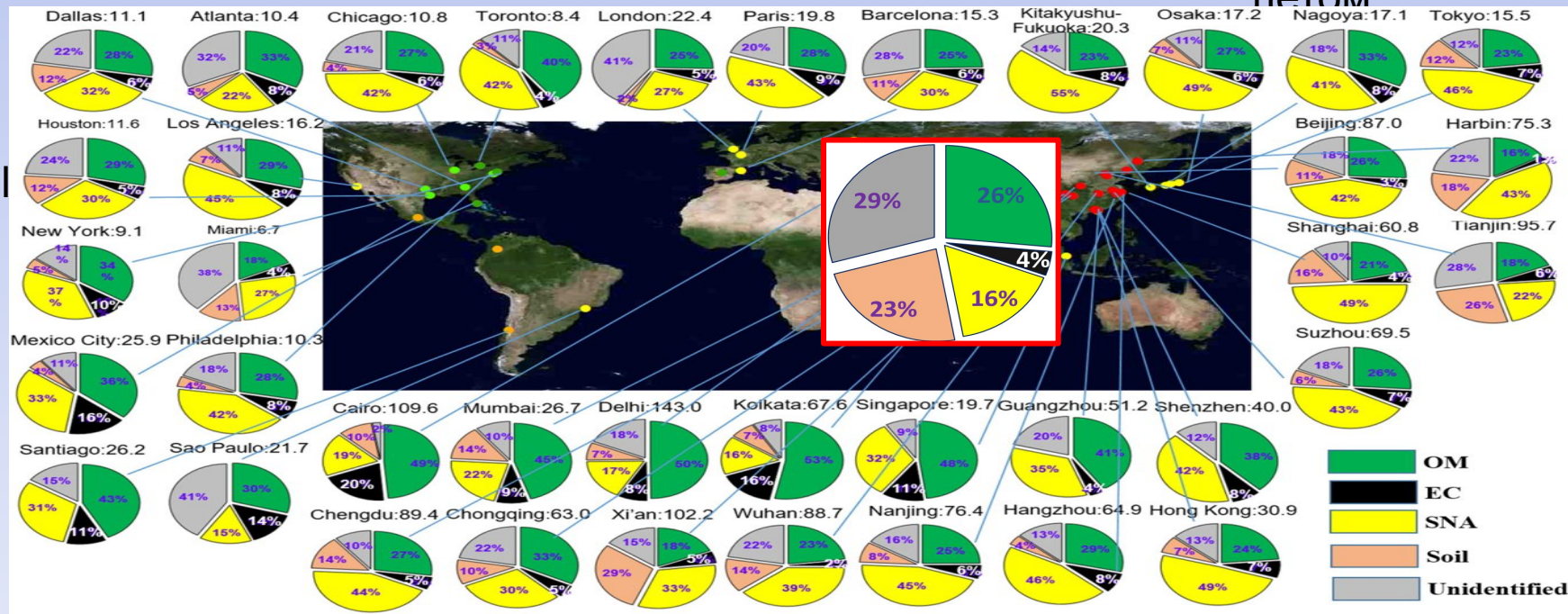
осень 2019

зима

2020

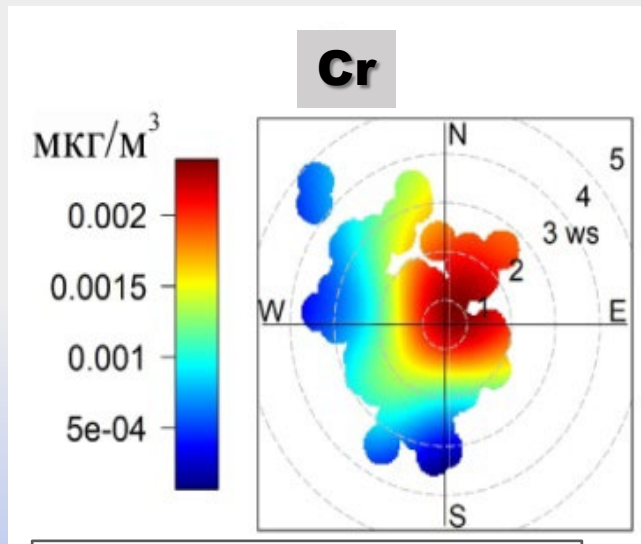
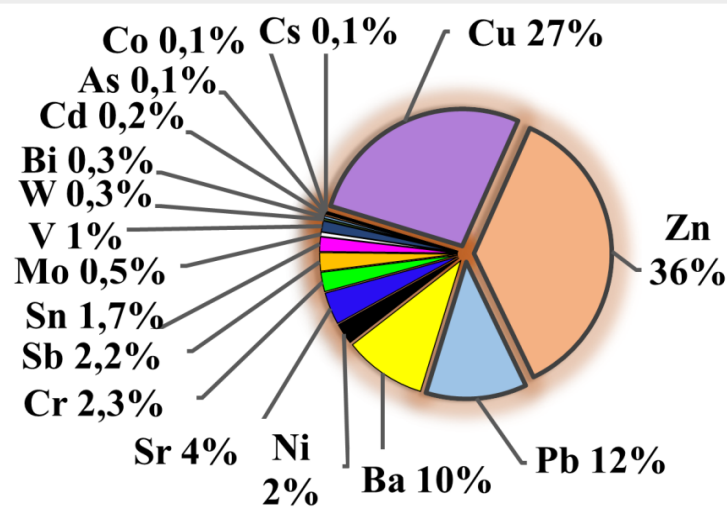
Аэрозольный состав атмосферы мегаполисов мира

Cheng et al.,
 Environmental
 International,
 2016

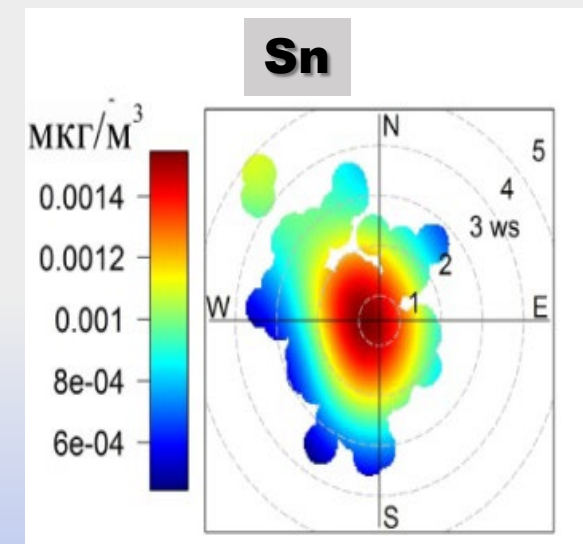


Геохимическая нагрузка атмосферы- микроэлементы

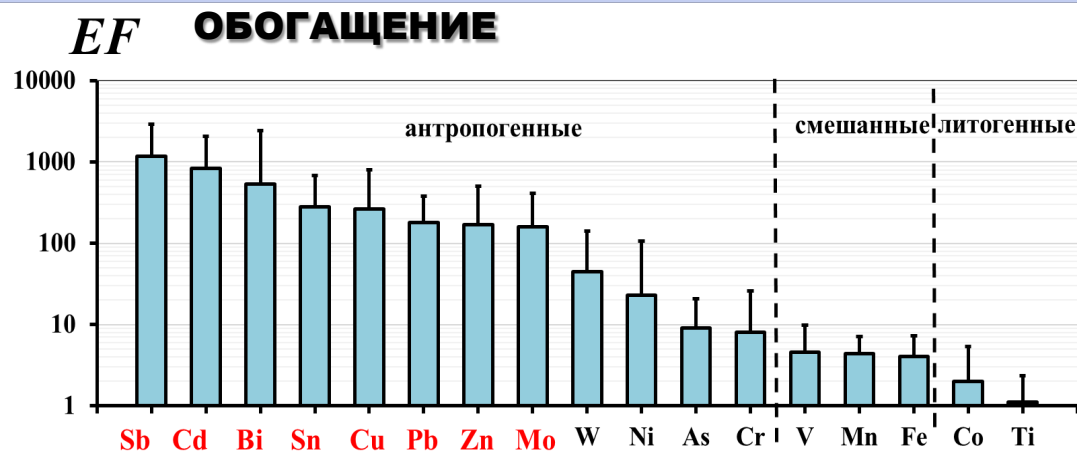
Состав микроэлементов 2018 - 2020 гг



➤ промзоны на северо-востоке



➤ транспорт



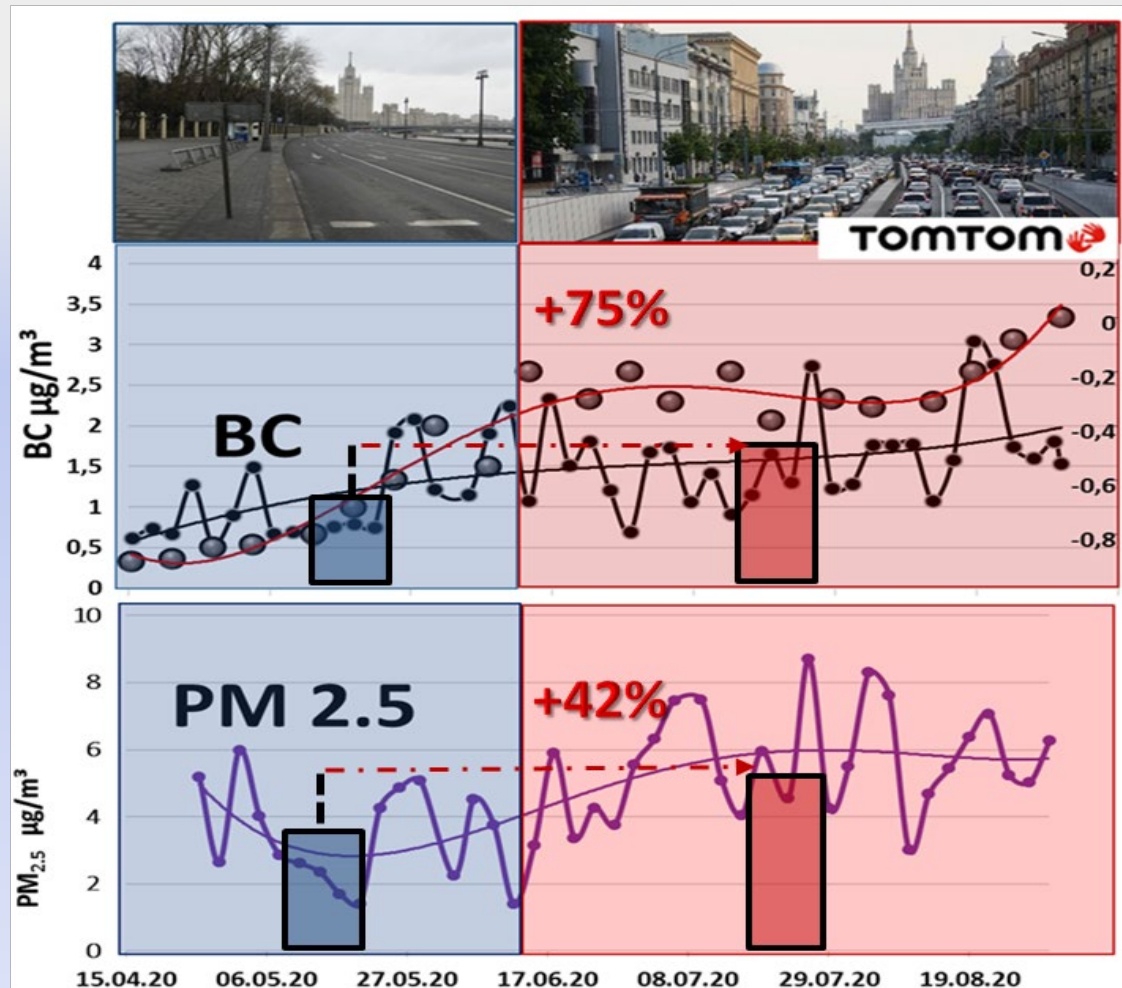
- Ti, Al, Ca, Mg, Fe - почва
- Ca, Sr - строительство
- Cr, Ni - промышленность
- **Sb, Sn, Cu, Pb - дорожная пыль**

➤ канцерогенные As, Cd, Cr, Ni, Pb

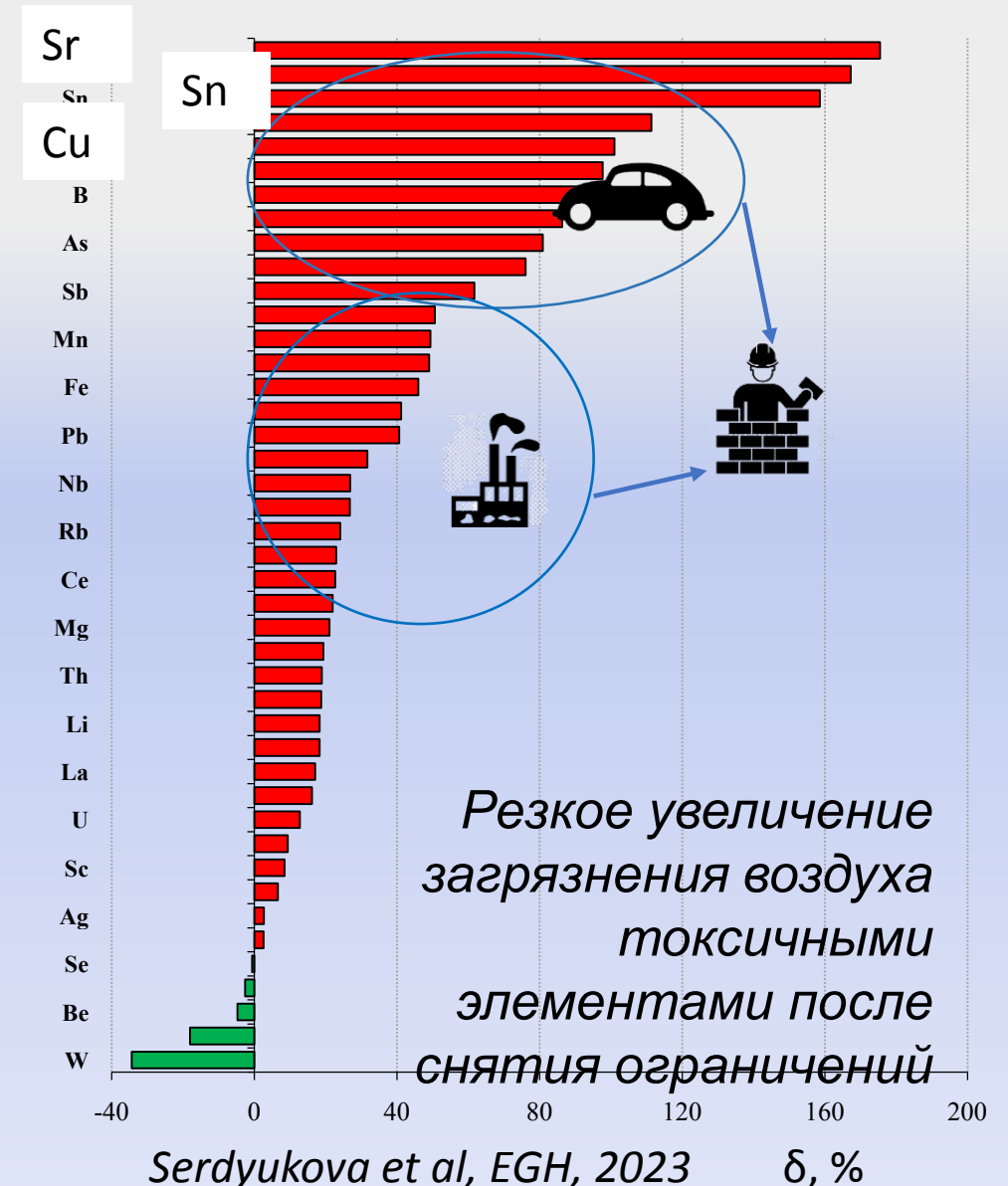
Экологические последствия падения экономической активности по составу микрочастиц

COVID -19

ограничения восстановление

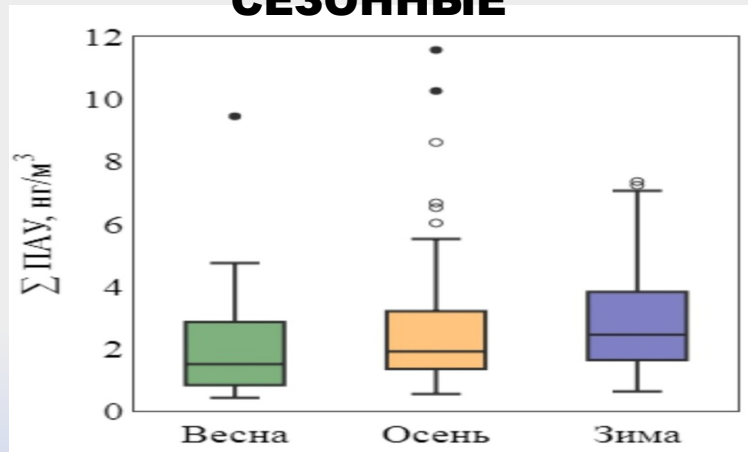


Popovichcheva et al, AAQR, 2024



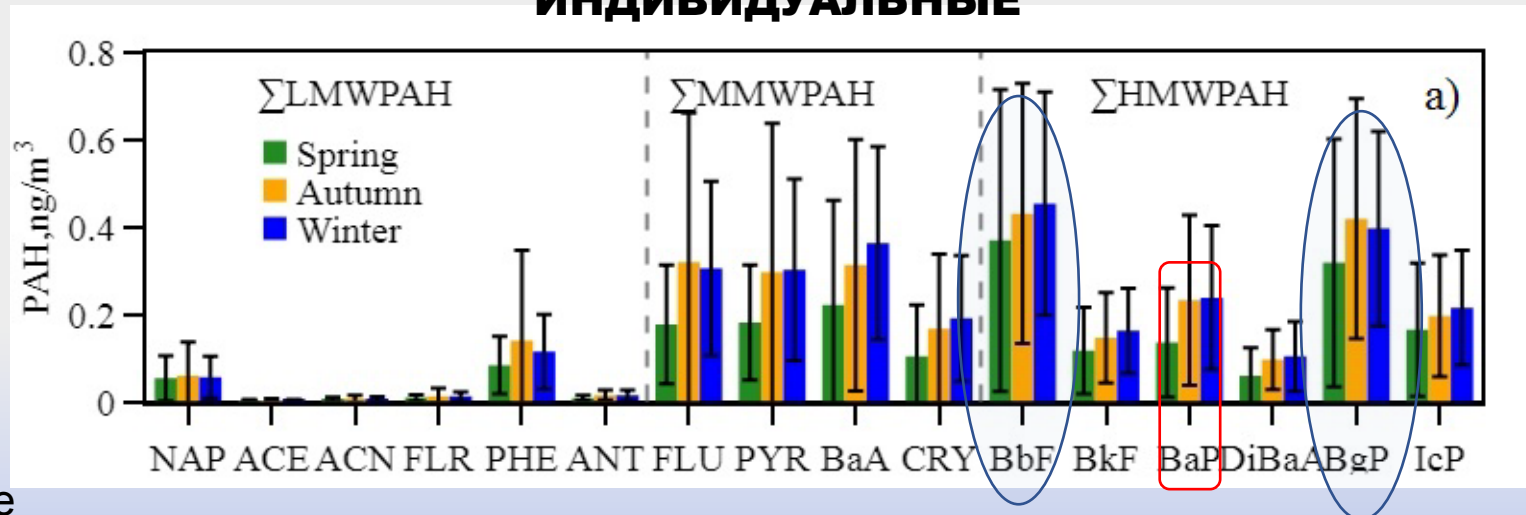
Полиароматические углеводороды

СЕЗОННЫЕ

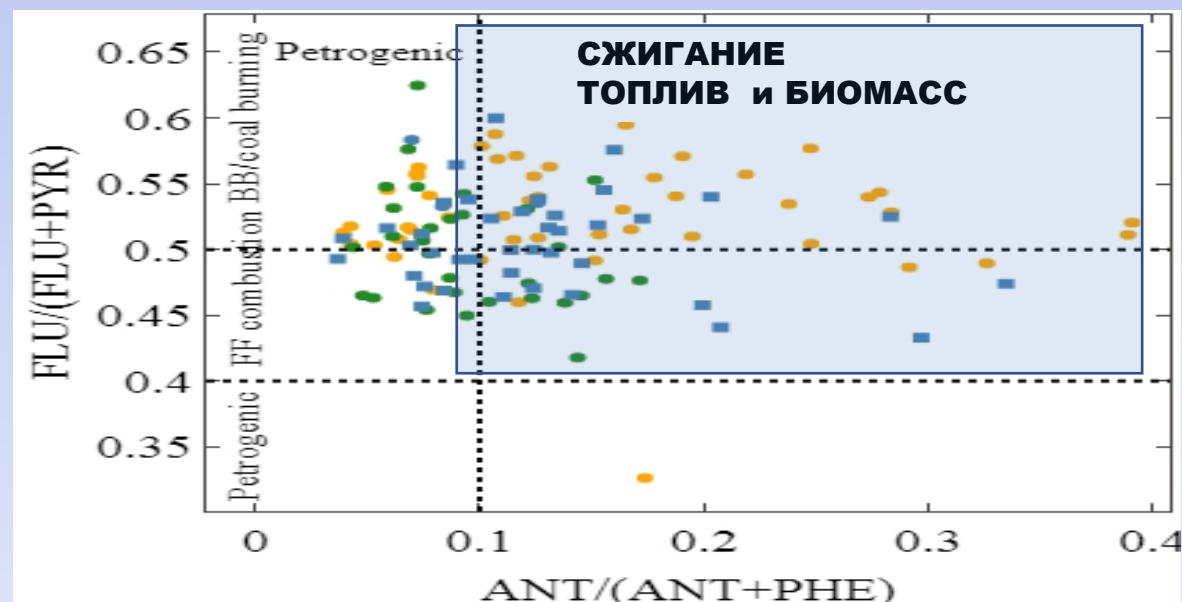


- статистически незначимое увеличение к зиме
- Владивосток (муссонный климат, уголь) зимой в 40 раз выше, чем летом,
- Иркутск (пром, уголь) в 5 раз зимой выше

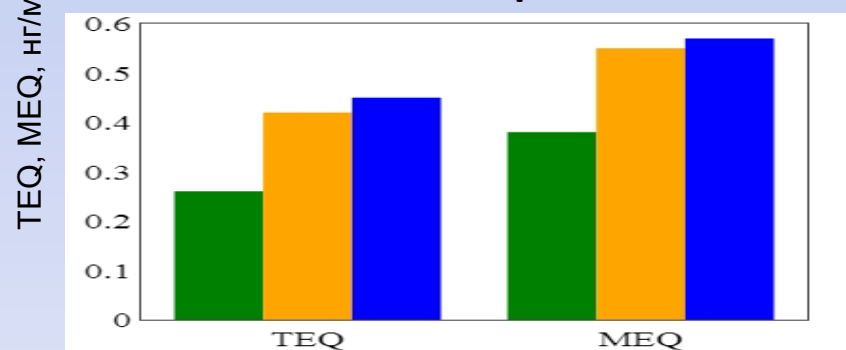
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ



ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ПАУ



Токсикологические риски



канцерогенный мутагенный
эквиваленты по бенз(а)пирену

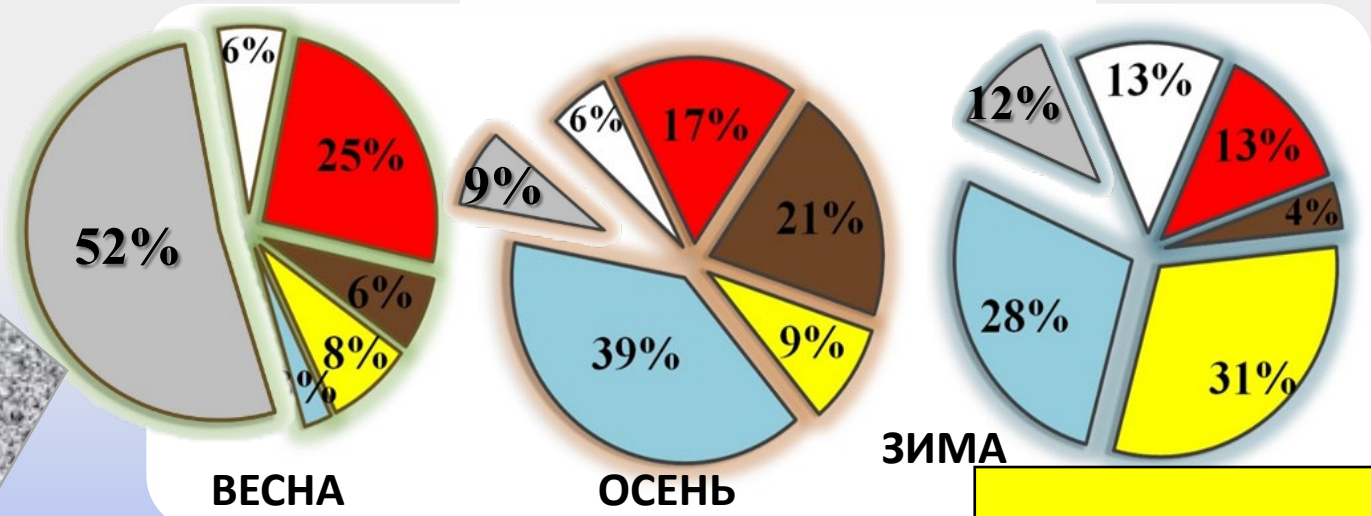
ИСТОЧНИКИ И ВКЛАДЫ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ PM10 Московского мегаполиса

МО МГУ



PM10, OC, EC
Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻
Al, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Sn,

МОДЕЛЬ PMF



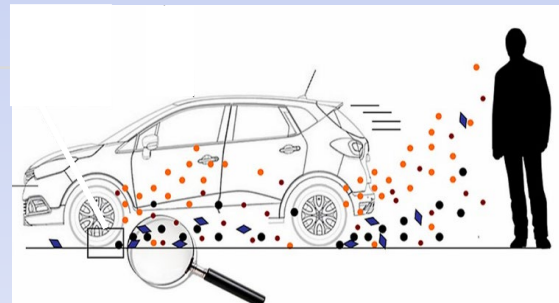
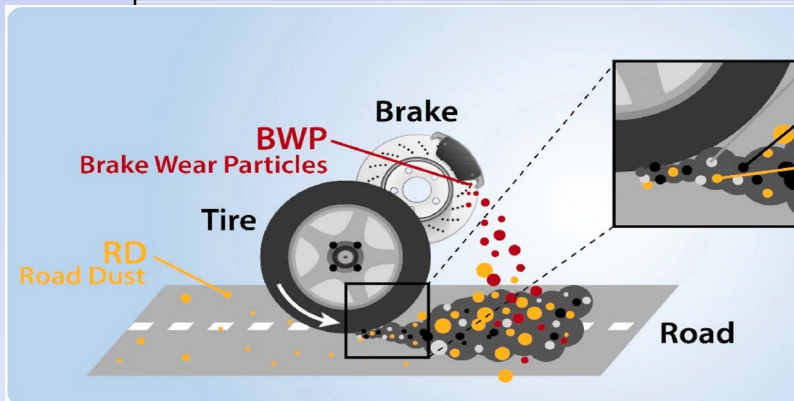
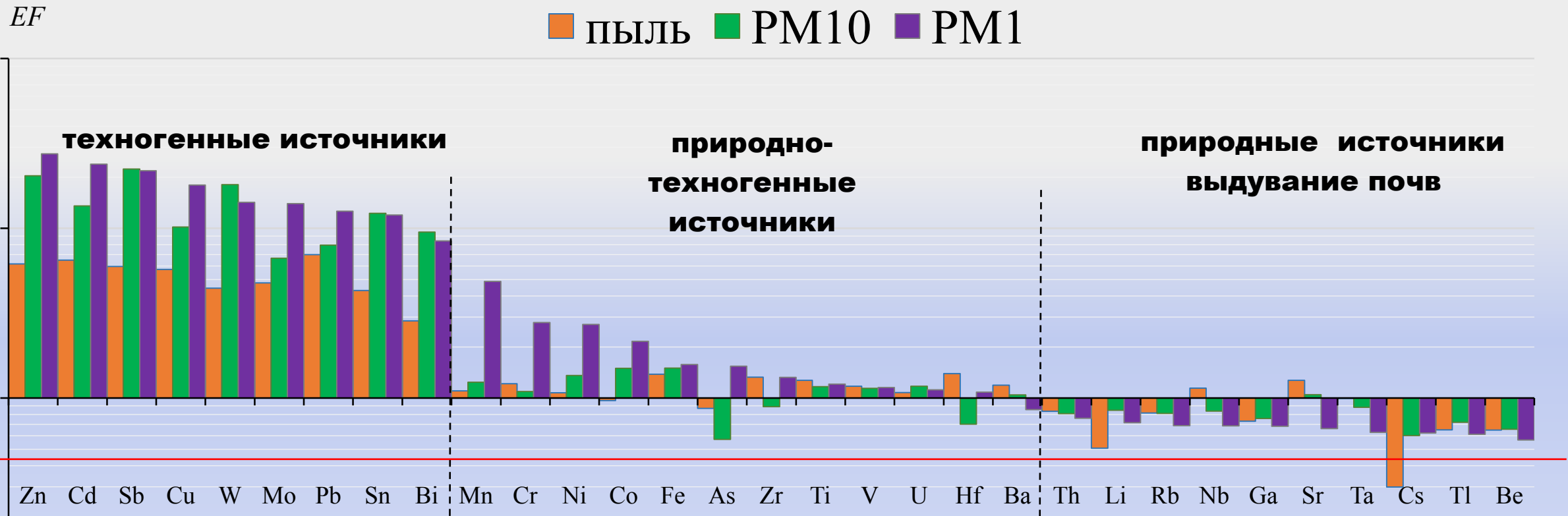
Popovicheva et al, STOTEN, 2024



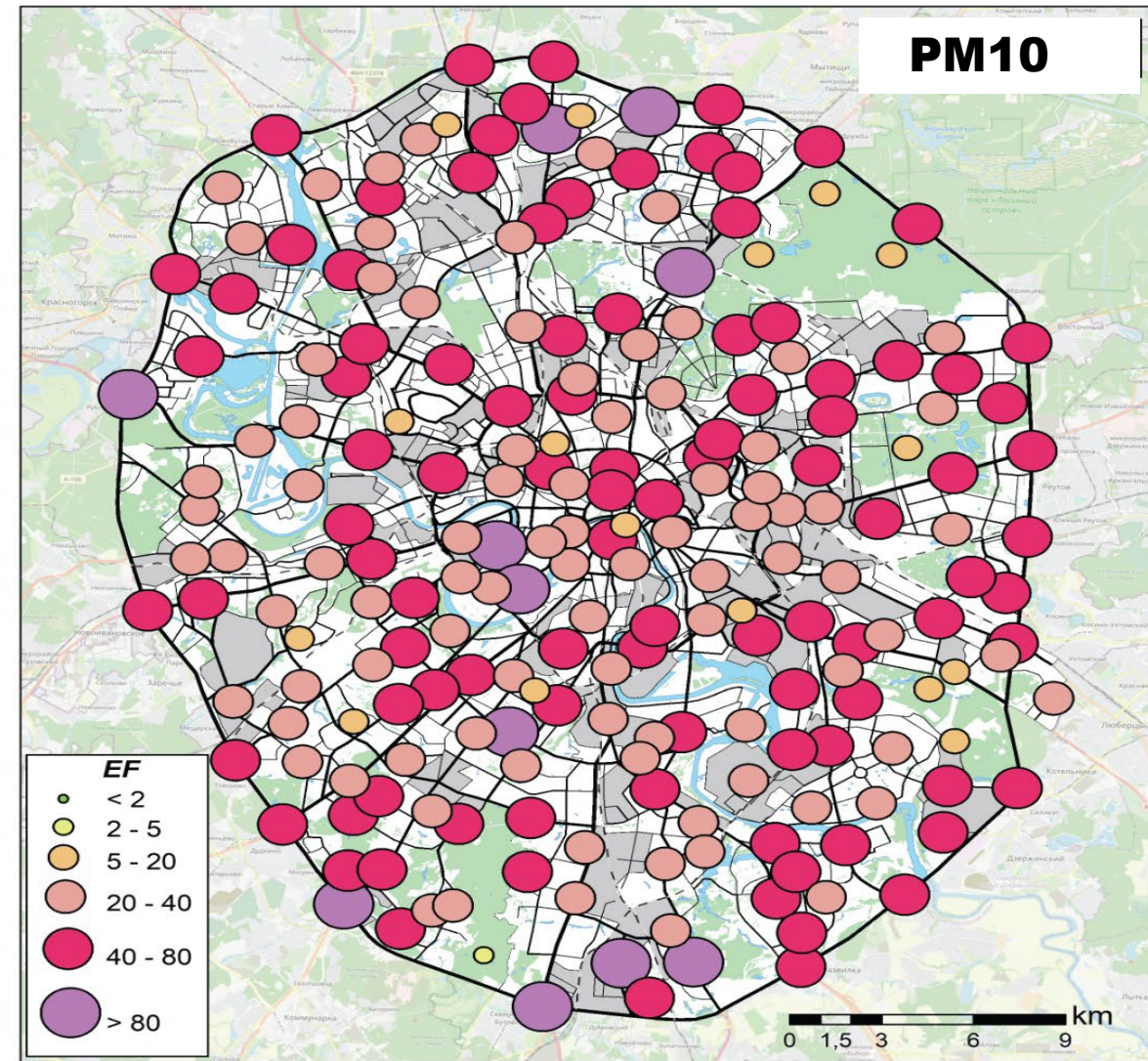
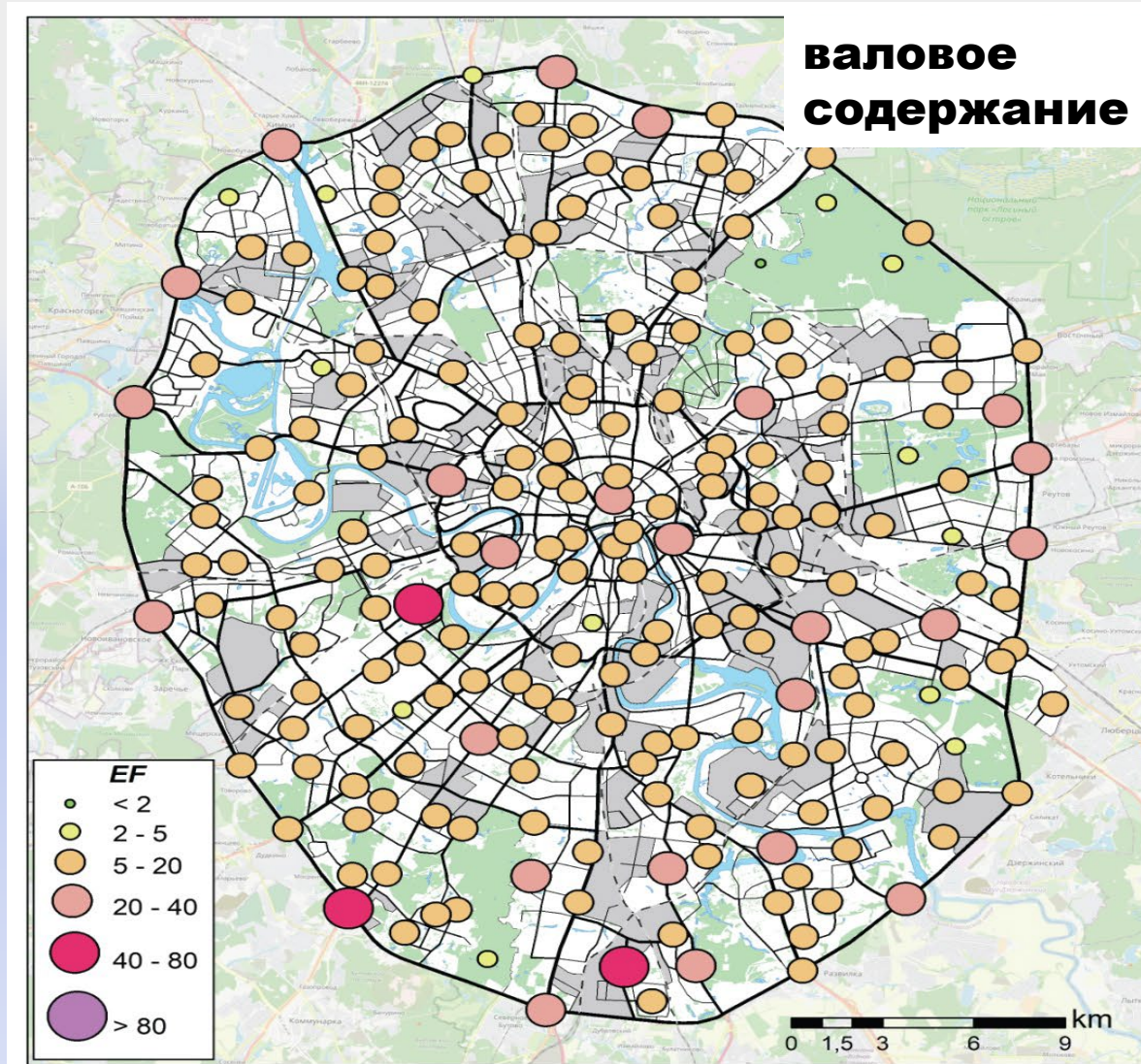
ВТОРИЧНЫЕ АЭРОЗОЛИ
ПЫЛЬ
ТРАНСПОРТ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
ГОРЕНИЕ БИОМАСС
противогололедная СОЛЬ

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ Москвы

Коэффициент обогащения $EF = (C / C_{La})_{\text{пыль}} / (C / C_{La})_{\text{земная кора}}$



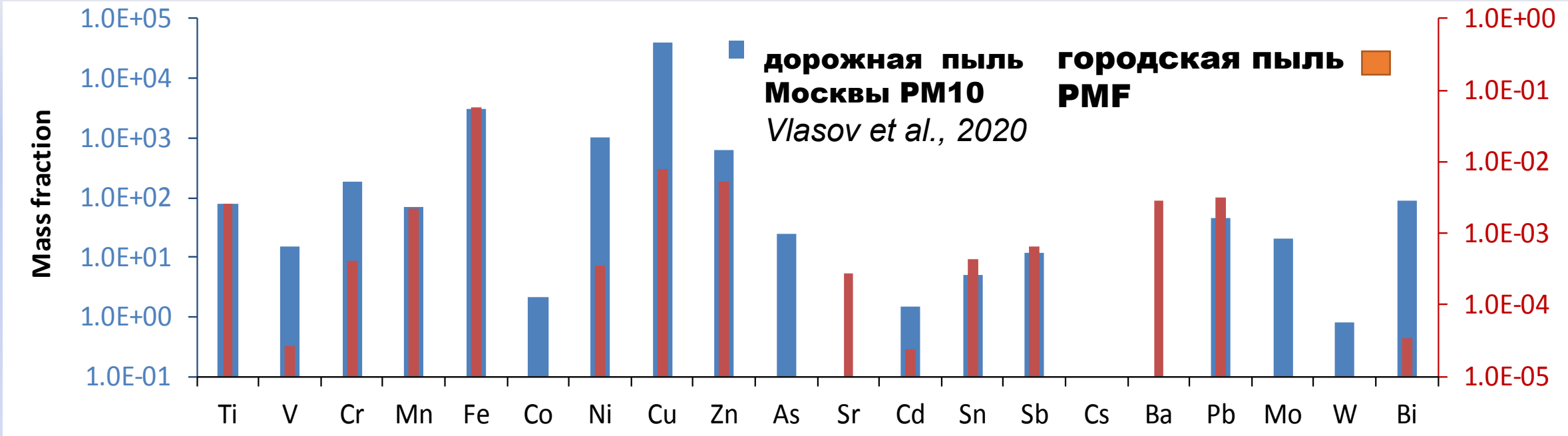
Обогащение дорожной пыли Москвы , сурьма Sb



➤ в 9 округах Москвы на дорогах разной крупности, на МКАД

Vlašov et al., STOTEN 2021

Сравнение профиля источника «Городская пыль» PMF с результатами измерений концентрации элементов в PM10 дорожной пыли в Москве

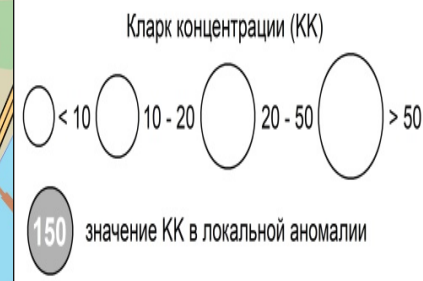
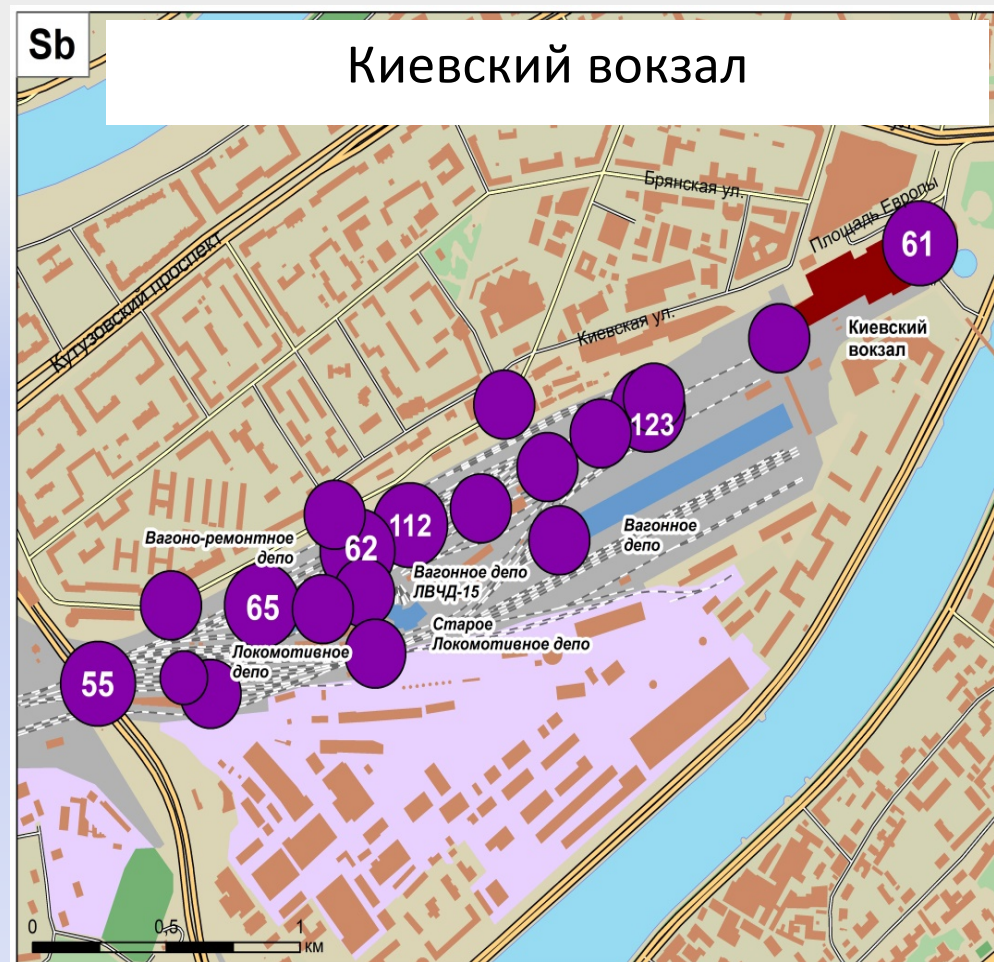


высокая согласованность указывает на значительный вклад дорожной пыли в пыль в составе аэрозолей PM10

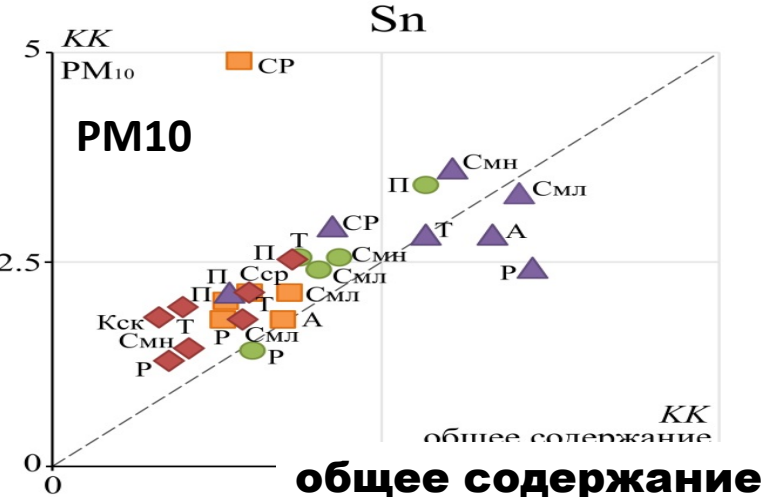
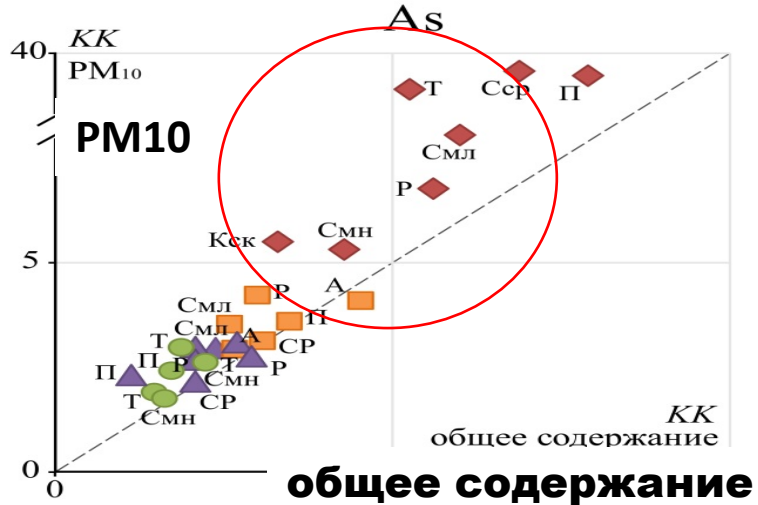
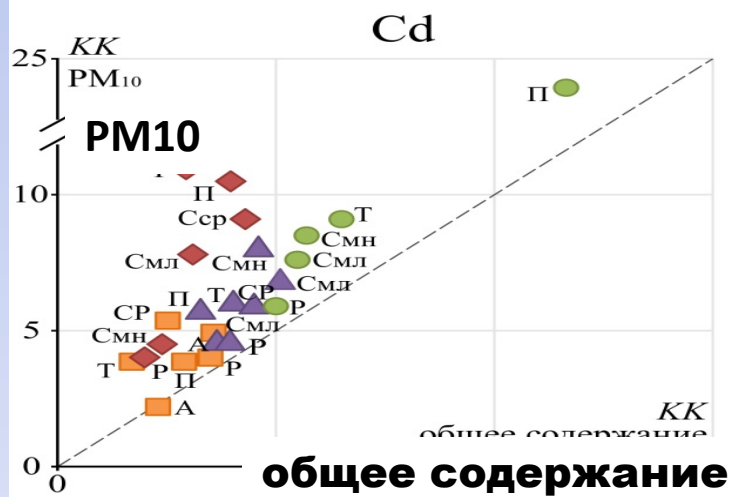
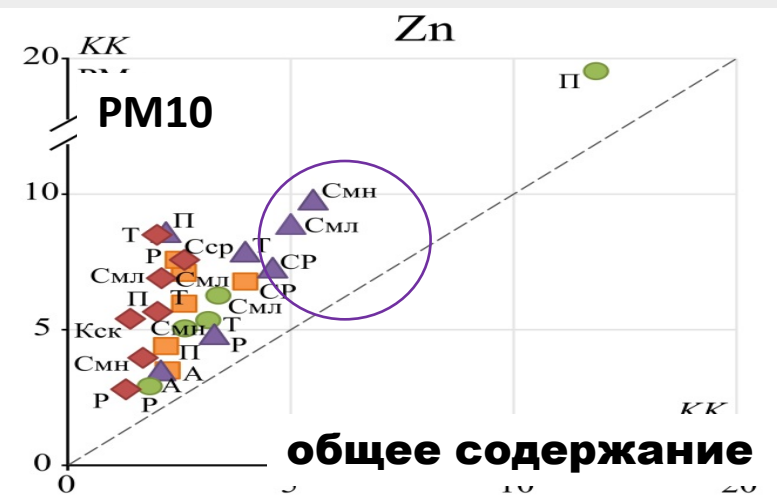
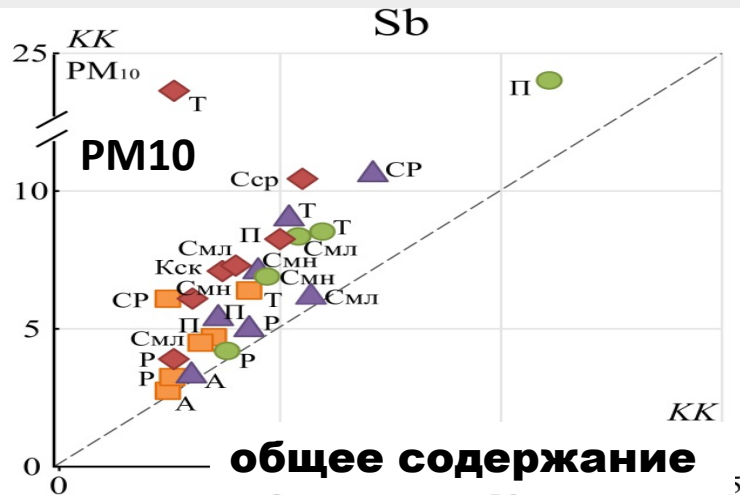
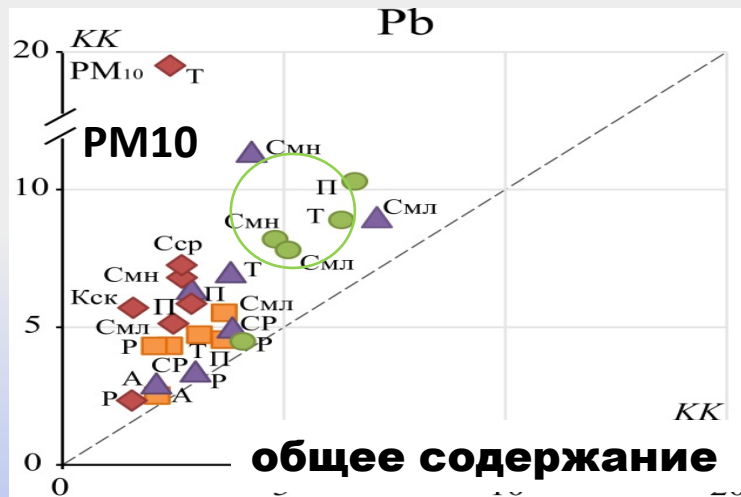
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПЫЛИ МОСКВЫ



Кларки концентрации Sb в PM10 пыли



Содержание металлов в почвах функциональных зон городов Крыма



■ Алушта ▲ Ялта ● Севастополь ◆ Керчь

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ в курортных городах

Кларки концентрации Pb и Zn

Алушта

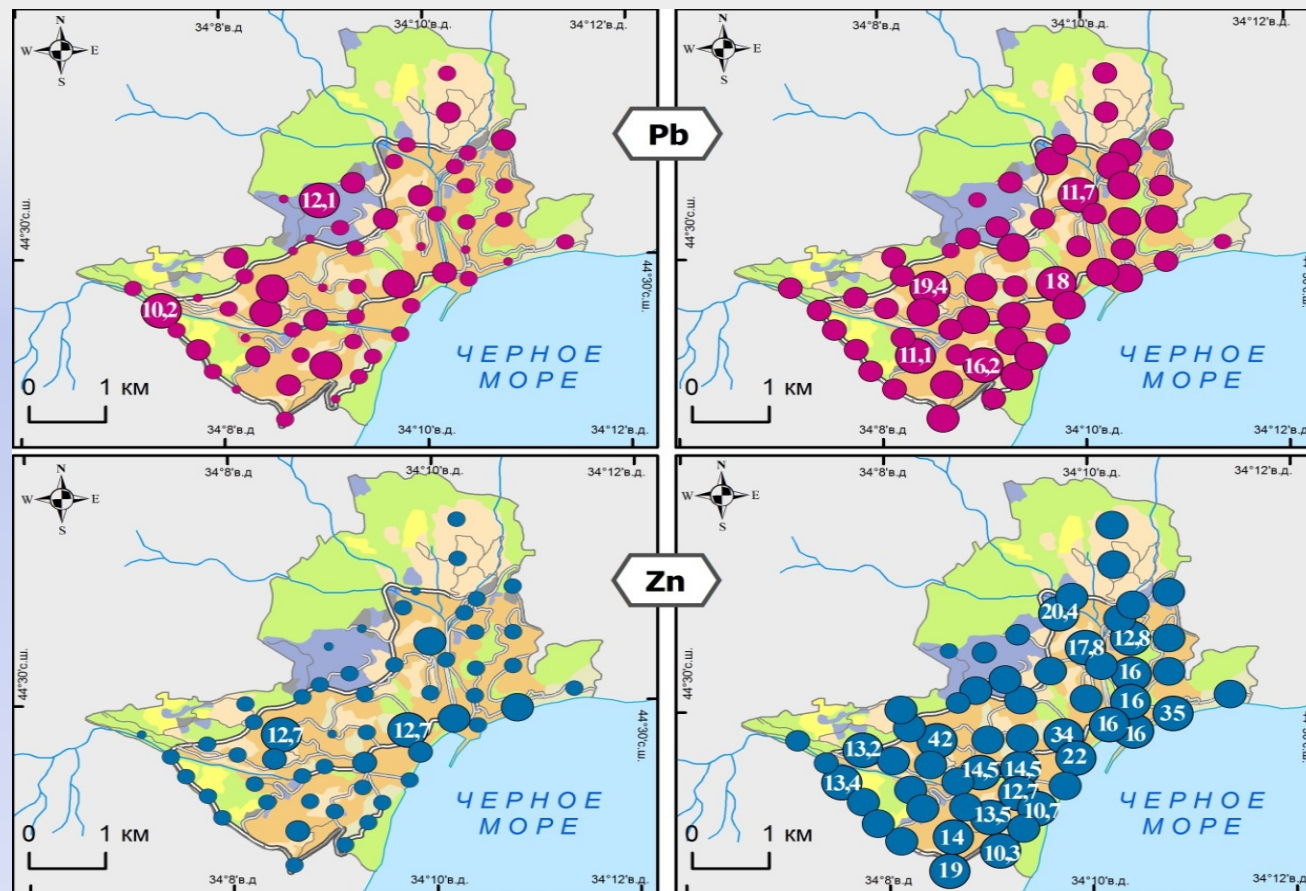
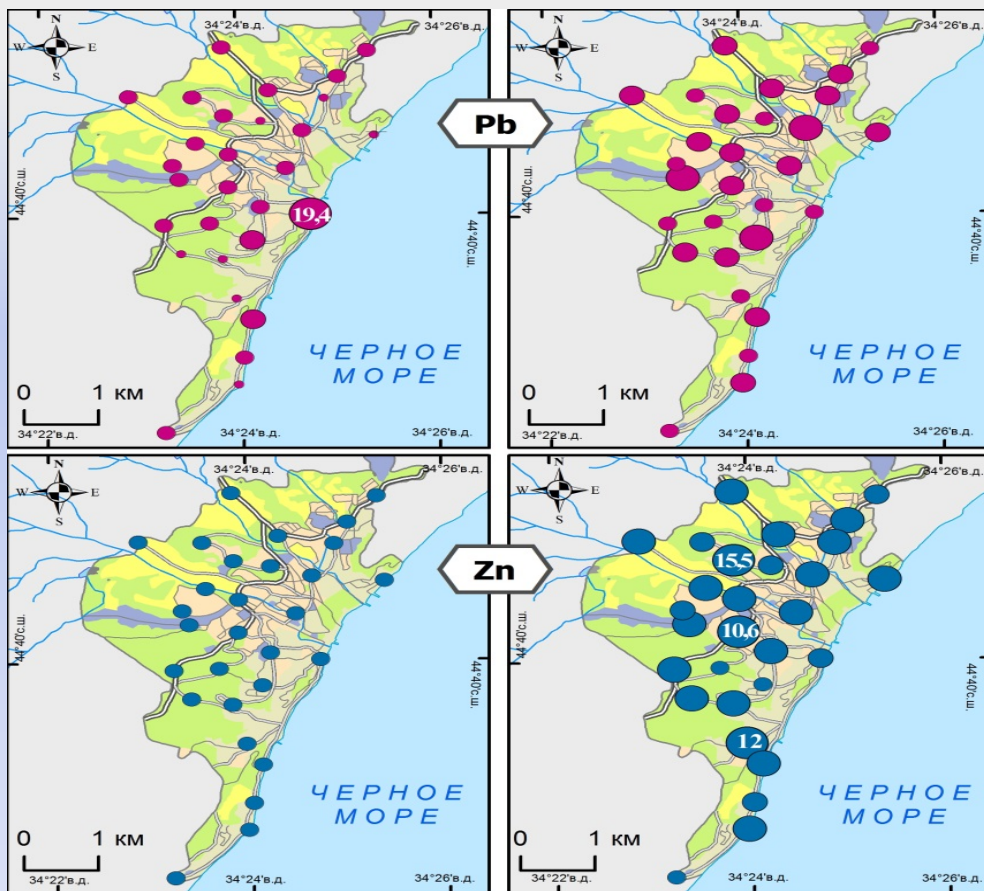
Ялта

Общее содержание

Частицы PM₁₀

Общее содержание

Частицы PM₁₀



Кларк концентрации

○ ≥ 10 ○ 5 - 10 ○ 3 - 5 ○ 1 - 3 ○ < 1



**ХИМИЧЕСКИЙ
СОСТАВ
МИКРОЧАСТИЦ
В ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЕ
МОСКВЫ**



2023

СПАСИБО за внимание

ГЗ № 103-00001-26-00 Российская
академия транспорта
«Разработка научных основ оценки
влияния
автомобильного, железнодорожного и