



Вклад угольной энергетики в загрязнение атмосферного воздуха в мегаполисах на примере города Алматы

Кенесов Булат Нурланович

Кандидат химических наук, профессор

Директор Центра физико-химических методов исследования и анализа

КазНУ им. аль-Фараби

Загрязнение воздуха в Алматы



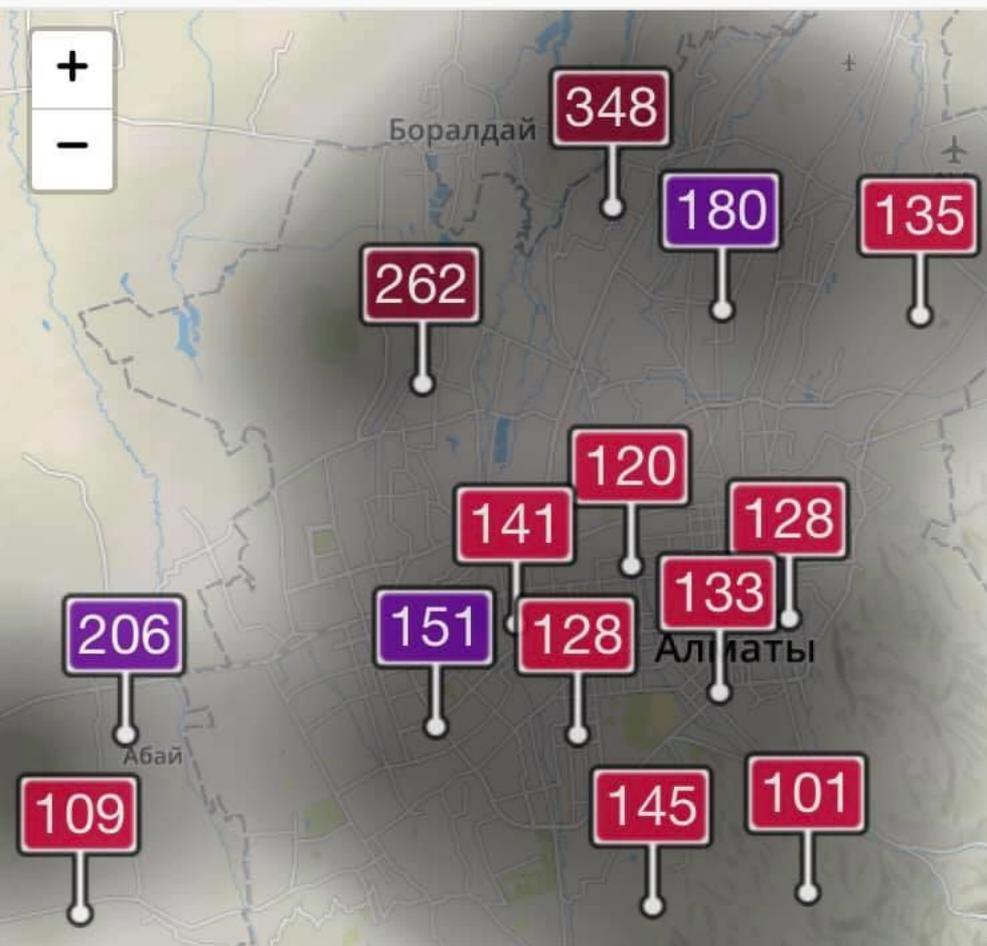
Фото: Павел Александров (<https://www.facebook.com/profile.php?id=100014527214182>)

© Б.Н. Кенесов, 2019

Загрязнение воздуха взвешенными частицами размером менее 2,5 мкм (PM2.5)

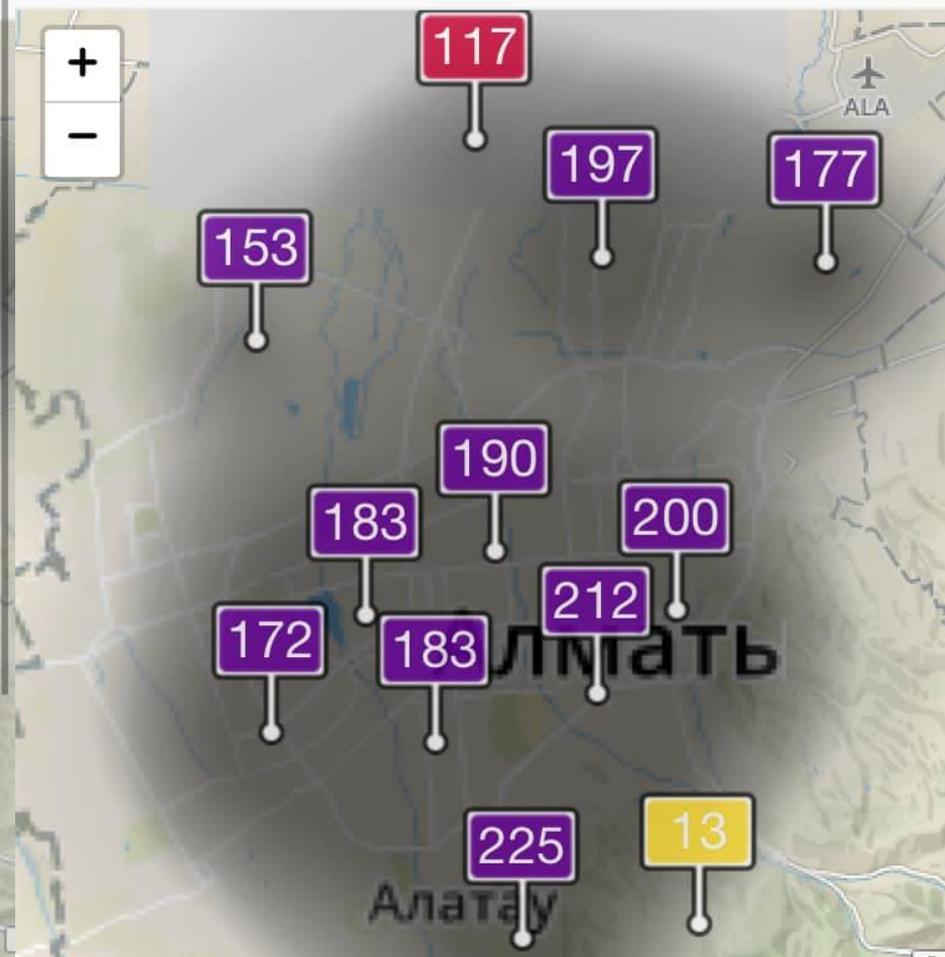
AirKaz.org

MENU ≡

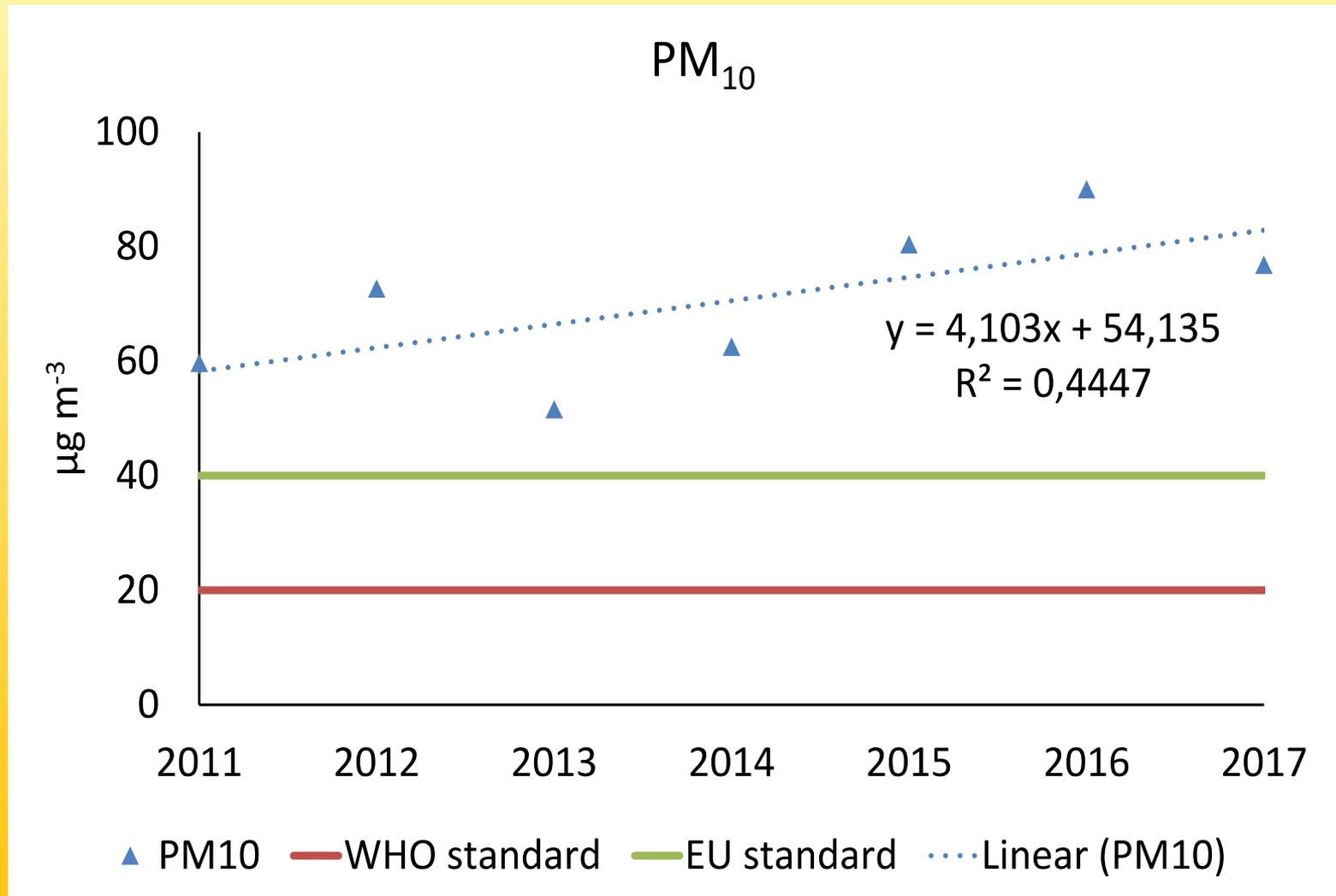


AirKaz.org

MENU ≡



Тенденции уровня загрязнения воздуха Алматы PM10



Концентрации ПАУ в воздухе Алматы

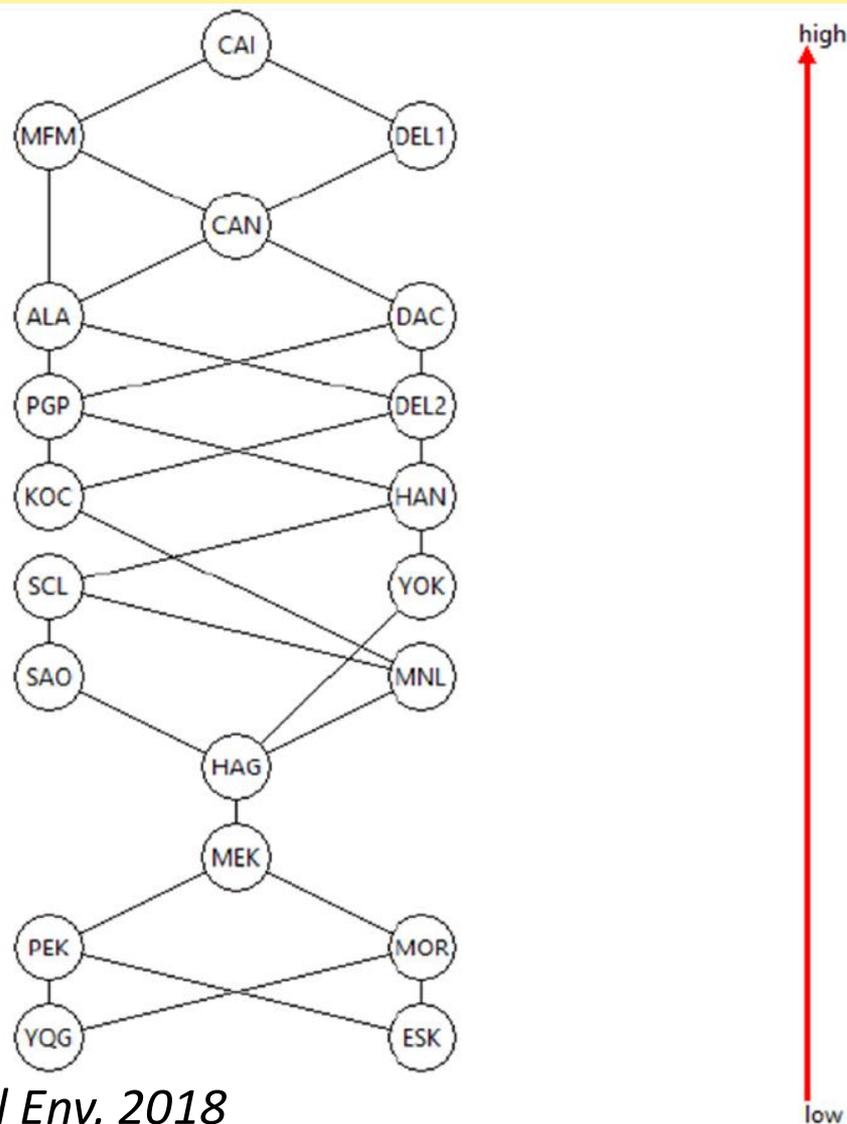
Соединения	Время удерживания, мин	Концентрация, нг/м ³								
		Зима 2014 г.			Весна 2014 г.			Лето 2014 г.		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нафталин	11,1	0,583	1,33	0,506	0,2305	0,383	н/о	0,239	0,271	0,1931
Ацетонафталин	17,8	2,34	3,89	0,649	н/о	н/о	н/о	0,0188	0,0220	0,0172
Ацетонафтен	18,7	0,141	0,225	0,0655	н/о	н/о	н/о	0,0115	0,0102	0,00800
Флуорен	21,0	1,45	0,0322	0,335	0,0935	0,0505	н/о	0,0507	0,0475	0,0351
Антрацен	25,2	21,03	26,02	3,01	0,558	0,565	н/о	0,103	0,0831	0,0601
Фенантрен	25,4	2,18	1,61	0,307	0,00681	0,0362	н/о	0,00823	0,00721	0,00571
Флуорантен	30,6	25,3	30,8	4,35	0,0545	0,580	н/о	0,0440	0,0256	0,0181
Пирен	31,5	19,8	21,6	3,86	н/о	0,440	н/о	0,0349	0,0265	0,0208
Бензо[а]антрацен	37,2	18,7	26,7	9,78	0,0114	0,288	н/о	0,0182	0,0136	0,0119
Хризен	37,7	6,33	14,2	3,28	0,0143	0,410	н/о	0,0219	0,0170	0,0119
Бензо[б]флуорантен	41,8	27,9	60,7	20,0	0,0431	0,517	0,0118	0,0140	0,0100	0,00841
Бензо[к]флуорантен	41,9	3,22	6,55	2,29	н/о	0,484	н/о	0,0104	0,0101	0,00722
Бензо[а]пирен	43,0	15,2	28,8	12,9	0,0244	1,60	н/о	0,0525	0,0566	0,0518
Бензо[ghi]перилен	47,0	0,531	1,065	0,299	0,147	1,39	0,221	0,00904	0,00650	0,0139
Индено[1,2,3-cd]пирен	47,8	1,67	3,58	1,80	0,134	0,975	0,215	0,00986	0,00680	0,0192
Дибензо[а,h]антрацен	47,2	0,149	0,0531	0,0255	н/о	0,151	н/о	0,0219	0,0288	0,0408

1 – Масанчи-Толе би; 2 – Искандерова-Азербаета; 3 – Саина-Райымбека

Летучие органические соединения в воздухе Алматы



Рейтинг городов мира по загрязнению их воздуха БТЭК



БТЭК –
бензол,
толуол,
этилбензол и
ксилолы

Последствия

- Заболевания
 - Острые
 - Отложенные (рак, патологии, мутации и др.)
- Развитие детей
- Снижение трудоспособности и экономические потери

Расчет риска заболевания лейкозом от загрязнения воздуха бензолом

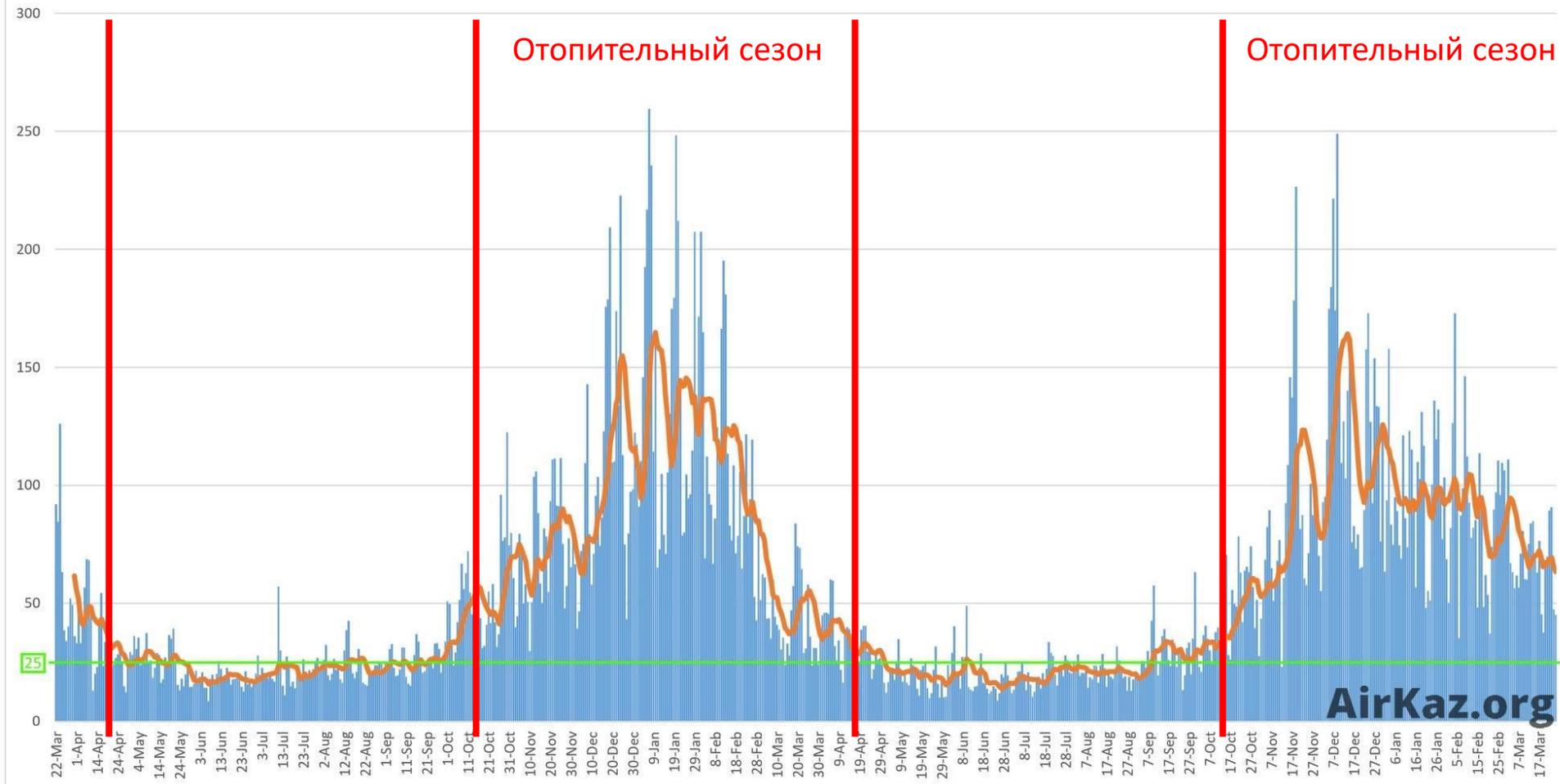
- Концентрация 17 мкг/м^3 дает риск 10^{-4}
- Средняя концентрация в Алматы – 53 мкг/м^3
- Риск составляет ~ 300 человек на 1 М
- В ЕС ПДК бензола (1 год) составляет 5 мкг/м^3
- В Казахстане ПДК бензола (24 ч) составляет 100 мкг/м^3

Источники загрязнения воздуха в Алматы

- Системы отопления и энергоснабжения
- Транспорт и заправочные станции
- Промышленные предприятия
- Строительные компании и свалки
- Природные (пожары и др.)

Годовая динамика РМ2.5

Уровень загрязнения воздуха г.Алматы частицами рм2.5, мкг/куб.м



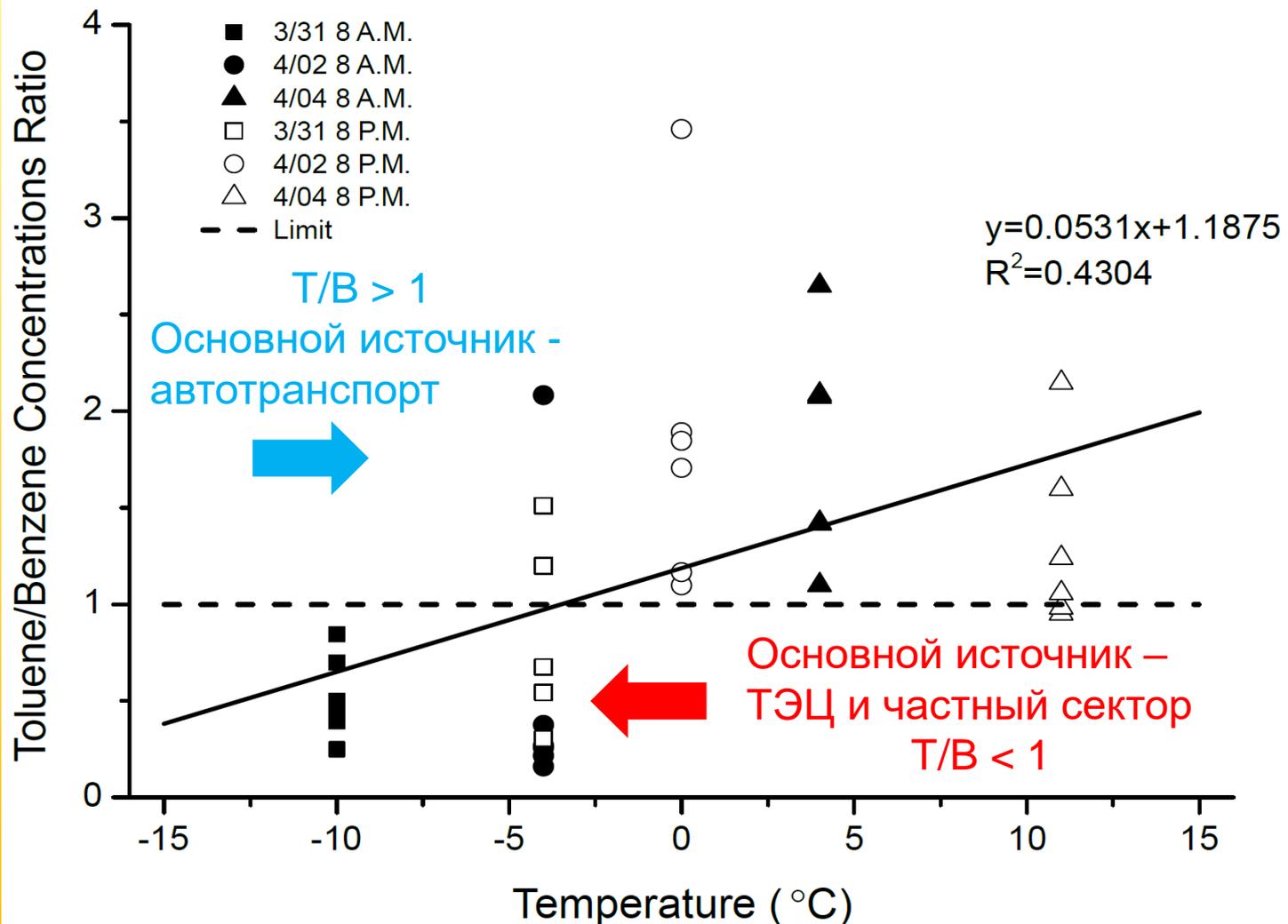
AirKaz.org

Концентрации ПАУ в воздухе Алматы

Соединения	Время удерживания, мин	Концентрация, нг/м ³								
		Зима 2014 г.			Весна 2014 г.			Лето 2014 г.		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нафталин	11,1	0,583	1,33	0,506	0,2305	0,383	н/о	0,239	0,271	0,1931
Ацетонафталин	17,8	2,34	3,89	0,649	н/о	н/о	н/о	0,0188	0,0220	0,0172
Ацетонафтен	18,7	0,141	0,225	0,0655	н/о	н/о	н/о	0,0115	0,0102	0,00800
Флуорен	21,0	1,45	0,0322	0,335	0,0935	0,0505	н/о	0,0507	0,0475	0,0351
Антрацен	25,2	21,03	26,02	3,01	0,558	0,565	н/о	0,103	0,0831	0,0601
Фенантрен	25,4	2,18	1,61	0,307	0,00681	0,0362	н/о	0,00823	0,00721	0,00571
Флуорантен	30,6	25,3	30,8	4,35	0,0545	0,580	н/о	0,0440	0,0256	0,0181
Пирен	31,5	19,8	21,6	3,86	н/о	0,440	н/о	0,0349	0,0265	0,0208
Бензо[а]антрацен	37,2	18,7	26,7	9,78	0,0114	0,288	н/о	0,0182	0,0136	0,0119
Хризен	37,7	6,33	14,2	3,28	0,0143	0,410	н/о	0,0219	0,0170	0,0119
Бензо[б]флуорантен	41,8	27,9	60,7	20,0	0,0431	0,517	0,0118	0,0140	0,0100	0,00841
Бензо[к]флуорантен	41,9	3,22	6,55	2,29	н/о	0,484	н/о	0,0104	0,0101	0,00722
Бензо[а]пирен	43,0	15,2	28,8	12,9	0,0244	1,60	н/о	0,0525	0,0566	0,0518
Бензо[ghi]перилен	47,0	0,531	1,065	0,299	0,147	1,39	0,221	0,00904	0,00650	0,0139
Индено[1,2,3-cd]пирен	47,8	1,67	3,58	1,80	0,134	0,975	0,215	0,00986	0,00680	0,0192
Дибензо[а,h]антрацен	47,2	0,149	0,0531	0,0255	н/о	0,151	н/о	0,0219	0,0288	0,0408

1 – Масанчи-Толе би; 2 – Искандерова-Азербайбаева; 3 – Саина-Райымбека

Соотношение концентраций толуола и бензола



Споры об основном источнике загрязнения

70% от всех выбросов в Алматы составляют выхлопы автотранспорта

7 декабря 2018 15:19 1453

Поделиться:



АСТАНА. КАЗИНФОРМ - Аким Алматы Бауыржан Байбек объяснил, зачем запускаются слухи о том, что его семья владеет парковками, передает корреспондент МИА «Казинформ».

Основные источники выбросов (официальные данные)

Таблица 2.1.6.1.2. Оценочный объем по видам загрязняющих веществ в разрезе источников выбросов

	Транспорт	Энергетика	Жилой фонд	Прочее	Итого:
Оксид углерода (CO)	202,812	1,063	768	3,787	208,430
Диоксид азота (NO ₂)	25,019	8,403	109	1,941	35,472
Диоксид серы (SO ₂)	2,583	19,310	1,408	369	23,671
Формальдегид (CH ₂ O)	186	.	0		186
Твердые частицы (PM ₁₀)		6,009	8,128	368	14,505
Прочее		2,000		286	2,286
Итого:	230,601	36,785	10,413	6,751	284,550

Источник: анализ рабочей группы

Выбросы CO (г/км)

ЗНАЧЕНИЯ ПРОБЕГОВЫХ ВЫБРОСОВ M_{L_1} (г/км) для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	№ группы	Выбросы							
		CO	NO _x (в пер-рассчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения сажи	Бенз(а)-пирен
Легковые	I	19.0	1.8	2.1	-	0.065	0.006	0.019	$1.7 \cdot 10^{-6}$
Легковые дизельные	Id	2.0	1.3	0.25	0.1	0.21	0.003	-	-
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы	II	69.4	2.9	11.5	-	0.20	0.020	0.026	$4.5 \cdot 10^{-6}$

Rating	Lower bound ¹	Upper bound ²	
A++	0.00	0.125	Euro 4-6 diesel
A+	0.125	0.25	Euro 4-6 diesel
A	0.25	0.50	Euro 4-6 diesel
B	0.50	0.64	Euro 3 diesel
C	0.64	1.00	Euro 2 diesel, Euro 4-6 petrol 60% more than current petrol limit, ~x3 current
D	1.00	1.60	Diesel limit
E	1.60	2.20	Euro 2 petrol
F	2.20	2.72	Euro 1 diesel, Euro 1 petrol
G	2.72	5.44	Up to double Euro 1
H	5.44	-	More than double Euro 1

Units: g/km, ¹ exclusive, ² inclusive

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СВОДНЫХ РАСЧЕТОВ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ

1999 год

<https://equaindex.com/equa-carbon-monoxide-index/>

© Б.Н. Кенесов, 2019

Выбросы NOx (г/км)

ЗНАЧЕНИЯ ПРОБЕГОВЫХ ВЫБРОСОВ M_{L_1} (г/км) для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	№ группы	Выбросы							
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения сажи	Бенз(а)-пирен
Легковые	I	19.0	1.8	2.1	-	0.065	0.006	0.019	$1.7 \cdot 10^{-6}$
Легковые дизельные	Id	2.0	1.3	0.25	0.1	0.21	0.003	-	-
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы	II	69.4	2.9	11.5	-	0.20	0.020	0.026	$4.5 \cdot 10^{-6}$

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СВОДНЫХ РАСЧЕТОВ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ

1999 год

Table 1. Emission standards for passenger cars

	NOx	
	Diesel	Petrol
Euro 1 1992.07	-	-
Euro 2 1996.01	-	-
Euro 3 2000.01	500	150
Euro 4 2005.01	250	80
Euro 5a 2009.09	180	60
Euro 5b 2011.09	180	60
Euro 6 2014.09	80	60

¹ THC = Total hydrocarbons

² Particle number is expressed as the maximum

³ Indirect Injection (IDI) and Direct Injection (DI)

<http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Factsheet-emission-standards.pdf>

Основные источники выбросов

Таблица 2.1.6.1.2. Оценочный объем по видам загрязняющих веществ в разрезе источников выбросов

	Транспорт	Энергетика	Жилой фонд	Прочее	Итого:
Оксид углерода (CO)	202,812	1,063	768	3,787	208,430
Диоксид азота (NO2)	25,019	8,403	109	1,941	35,472
Диоксид серы (SO2)	2,583	19,310	1,408	369	23,671
Формальдегид (CH2O)	186	.	0		186
Твердые частицы (PM10)		6,009	8,128	368	14,505
Прочее		2,000		286	2,286
Итого:	230,601	36,785	10,413	6,751	284,550

Источник: анализ рабочей группы

Ожидаемые данные

По нормативам Евро-2 и Евро-3 без учета CO	Валовые выбросы (тонн)					Доля (%)			
	Транспорт	Энергетика	Жилой фонд	Прочее	Итого	Транспорт	Энергетика	Жилой фонд	Прочее
Диоксид азота (NO2)	2085	8403	109	1941	12538	3.92	15.80	0.20	3.65
Диоксид серы (SO2)	2583	19310	1408	369	23670	4.86	36.31	2.65	0.69
Формальдегид (CH2O)	186				186	0.35	0.00	0.00	0.00
Твердые частицы		6009	8128	369	14506	0.00	11.30	15.28	0.69
Прочее		2000		286	2286	0.00	3.76	0.00	0.54
Итого	4854	35722	9645	2965	53186	9.13	67.16	18.13	5.57

Исходные данные взяты из:

http://almatysports.kz/_images/article_docs/26_1521760179_0.pdf

Выбросы автотранспорта (г/км)

	Утвержденная методика*	Евро-2/3
CO	19	2.2 https://equaindex.com/equa-carbon-monoxide-index/
NOx	1.8	0.15 http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Factsheet-emission-standards.pdf

* Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов, РНД 211.2.02.11-2004

https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30198513#pos=0:0

Необходимые данные для научных исследований

- Состав и объемы выбросов крупных стационарных источников
- Коэффициенты выбросов автотранспорта
- Результаты скрининга всех возможных загрязнителей
- Химический состав взвешенных частиц

Планируемые исследования

- Разработка эффективной системы мониторинга атмосферного воздуха в крупных городах
- Ежедневный мониторинг ЛОС и ПАУ в воздухе Алматы для установления характера проблемы и ее тенденций
- Выявление вклада каждого источника в загрязнение воздуха взвешенными частицами, ЛОС и ПАУ

Предложения

- Перевести ТЭЦ-2 на газ
- Перевести частный сектор на газ (+пригороды)

Благодарности

Министерство образования и науки РК

Проекты:

- Разработка методик анализа, материалов и оборудования для экономически-эффективного "зеленого" экологического мониторинга (2018-2020)
- Разработка полуавтоматической станции мониторинга концентраций органических загрязнителей в атмосферном воздухе городов хроматографическими методами (2015-2017)
- Разработка методических основ контроля органических экотоксикантов в Республике Казахстан с применением методов зеленой аналитической химии (2012-2014)

