



Качество воздуха в городах Центральной Азии

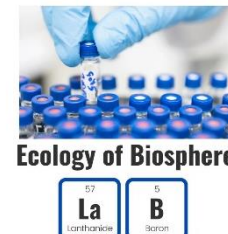
Нассиба Байматова,

Ассоциированный профессор (доцент)

Заведующая лабораторией "Экология биосферы"

Факультет химии и химической технологии,

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан



Города Центральной Азии: Новые очаги загрязнения воздуха в мире

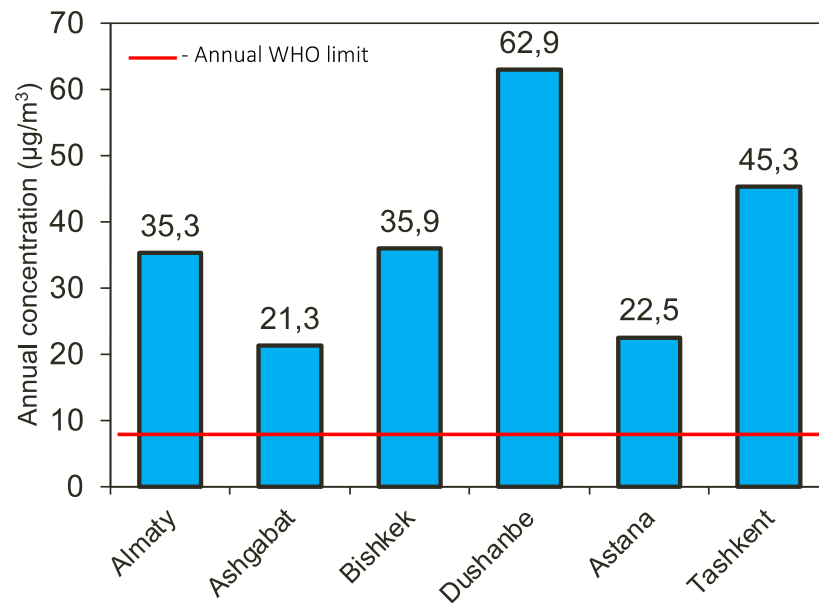
Наиболее загрязненные страны мира по уровню воздействия PM2.5:

4-е - Таджикистан
7 - Кыргызстан

12-е - Узбекистан
23-е - Казахстан
44-е - Туркменистан

1	Bangladesh	76.9	40	Chile	21.7	79	Albania	12.5
2	Chad	75.9	41	Laos	21.5	80	Russia	12.3
3	Pakistan	66.8	42	Georgia	21.0	81	Honduras	11.8
4	Tajikistan	59.4	43	Madagascar	21.0	82	Belgium	11.5
5	India	58.1	44	Turkmenistan	20.4	83	Austria	11.4
6	Oman	53.9	45	Thailand	20.2	84	France	11.4
7	Kyrgyzstan	50.8	46	Turkey	20.0	85	Netherlands	11.3
8	Bahrain	49.8	47	Algeria	20.0	86	Angola	11.0
9	Iraq	49.7	48	Cambodia	19.8	87	Switzerland	10.8
10	Nepal	46.0	49	Guatemala	19.5	88	Spain	10.7
11	Sudan	44.1	50	Malaysia	19.4	89	Germany	10.6
12	Uzbekistan	42.8	51	Mexico	19.3	90	USA	10.3
13	Qatar	38.2	52	South Korea	19.1	91	Denmark	9.6
14	Afghanistan	37.5	53	Poland	19.1	92	Japan	9.1
15	United Arab Emirates	36.0	54	Greece	19.0	93	Luxembourg	9.0
16	Montenegro	35.2	55	Israel	18.7	94	United Kingdom	8.8
17	Indonesia	34.3	56	Ukraine	18.5	95	Canada	8.5
18	Nigeria	34.0	57	Azerbaijan	17.6	96	Ecuador	8.4
19	Armenia	33.9	58	Sri Lanka	17.4	97	Argentina	8.2
20	Mongolia	33.1	59	Macao SAR	17.0	98	Ireland	8.0
21	Saudi Arabia	32.7	60	Bulgaria	16.3	99	Costa Rica	7.8
22	China Mainland	32.6	61	Taiwan	16.2	100	Norway	7.5
23	Kazakhstan	31.1	62	Slovakia	16.0	101	Andorra	7.3
24	Iran	30.3	63	Hong Kong SAR	15.9	102	Liechtenstein	7.2
25	Kuwait	29.7	64	Philippines	15.6	103	Trinidad and Tobago	7.1
26	Peru	29.6	65	Hungary	15.5	104	Portugal	7.1
27	Egypt	29.1	66	Romania	15.3	105	New Zealand	6.8
28	Bosnia Herzegovina	27.8	67	Italy	15.2	106	Sweden	6.6
29	Uganda	27.6	68	Cyprus	14.8	107	Iceland	6.1
30	Ghana	25.9	69	Kosovo	14.7	108	Estonia	5.9
31	Myanmar	25.9	70	Kenya	14.3	109	Australia	5.7
32	Lebanon	25.7	71	Uruguay	14.2	110	Bahamas	5.5
33	Serbia	25.5	72	Colombia	14.1	111	Grenada	5.5
34	North Macedonia	25.4	73	Czech Republic	13.9	112	Finland	5.5
35	Croatia	25.3	74	Singapore	13.8	113	Saba	5.1
36	Vietnam	24.7	75	Brazil	13.6	114	Cape Verde	5.1
37	Ethiopia	23.9	76	Malta	13.5	115	Puerto Rico	4.8
38	Syria	23.0	77	Slovenia	13.3	116	U.S. Virgin Islands	4.5
39	South Africa	22.7	78	Lithuania	13.2	117	New Caledonia	3.8

Уровни PM2.5 в городах Центральной Азии превышали годовую норму ВОЗ (5 мкг/м³) в 4-13 раз.



Данные о годовых концентрациях PM2.5 в посольстве США (анализатор пыли BAM-1020) за период с 2018 по 2021 гг.

Что не так с мониторингом?

- Ограниченная доступность надежных наземных измерений качества воздуха
- Устаревшие предельные значения загрязняющих веществ в воздухе
- Исследования по распределению источников выбросов $PM_{2.5}$ не проводились
- Отсутствие данных о потреблении угля

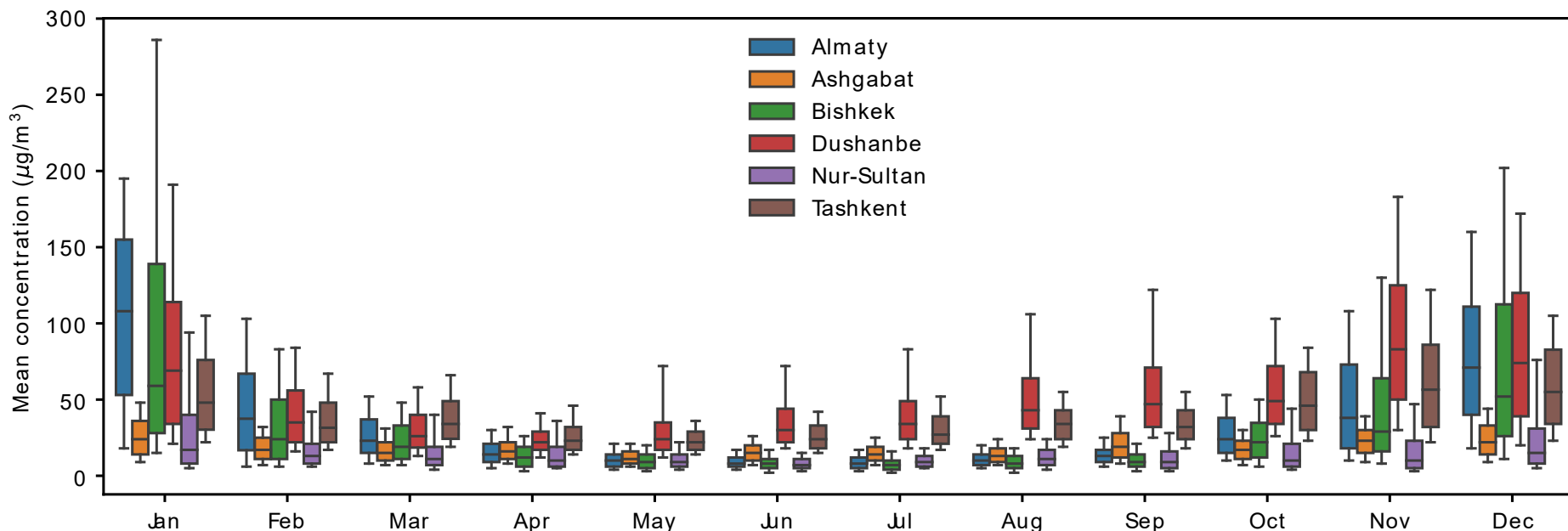
Предельные значения ВОЗ, ЕС и Казахстана по содержанию загрязняющих веществ в воздухе

Загрязнитель воздуха	Предельные значения ЕС*	Предельные значения Казахстана **
PM _{2.5}	5 мкг/м ³ (в год) 15 мкг/м ³ (24 ч)	160 мкг/м ³ (однократное измерение) 35 мкг/м ³ (24 ч)
PM ₁₀	15 мкг/м ³ (в год) 45 мкг/м ³ (24 ч)	300 мкг/м ³ (однократное измерение) 60 мкг/м ³ (24 ч)
NO ₂	10 мкг/м ³ (в год) 25 мкг/м ³ (24 ч)	200 мкг/м ³ (однократное измерение) 40 мкг/м ³ (24 ч)
SO ₂	40 мкг/м ³ (24 ч)	500 мкг/м ³ (однократное измерение) 50 мкг/м ³ (24 ч)
CO	10 мг/м ³ (8 ч)	5 мг/м ³ (однократное измерение) 3 мг/м ³ (24 ч)
O ₃	100 мкг/м ³ (8 ч)	30 мкг/м ³ (24 ч) 160 мкг/м ³ (однократное измерение)

* <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

** <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011036>

Более высокие концентрации $PM_{2.5}$ в зимний период в городах ЦА могут быть связаны с увеличением потребности в энергии для отопления



Максимум

Бишкек - 112 мкг/м³
 Алматы - 110 мкг/м³
 Астана - 40 мкг/м³
 Ашхабад - 27 мкг/м³
 Душанбе - 99 мкг/м³
 Ташкент - 74 мкг/м³

Минимум

Бишкек - 9 мкг/м³
 Алматы - 10 мкг/м³
 Астана - 9 мкг/м³
 Ашхабад - 13 мкг/м³
 Душанбе - 28 мкг/м³
 Ташкент - 24 мкг/м³

Источник: [Tursumbayeva et al., 2023.](#)

Суточные концентрации PM_{2.5}

В 2021 году доля дней с концентрацией PM_{2.5} превышающей 24-часовое ограничение ВОЗ (15 мкг/м³) составила

42% в Астане

61% в Алматы

Больше всего «загрязненных» дней (>15 мкг/м³) было зарегистрировано зимой:

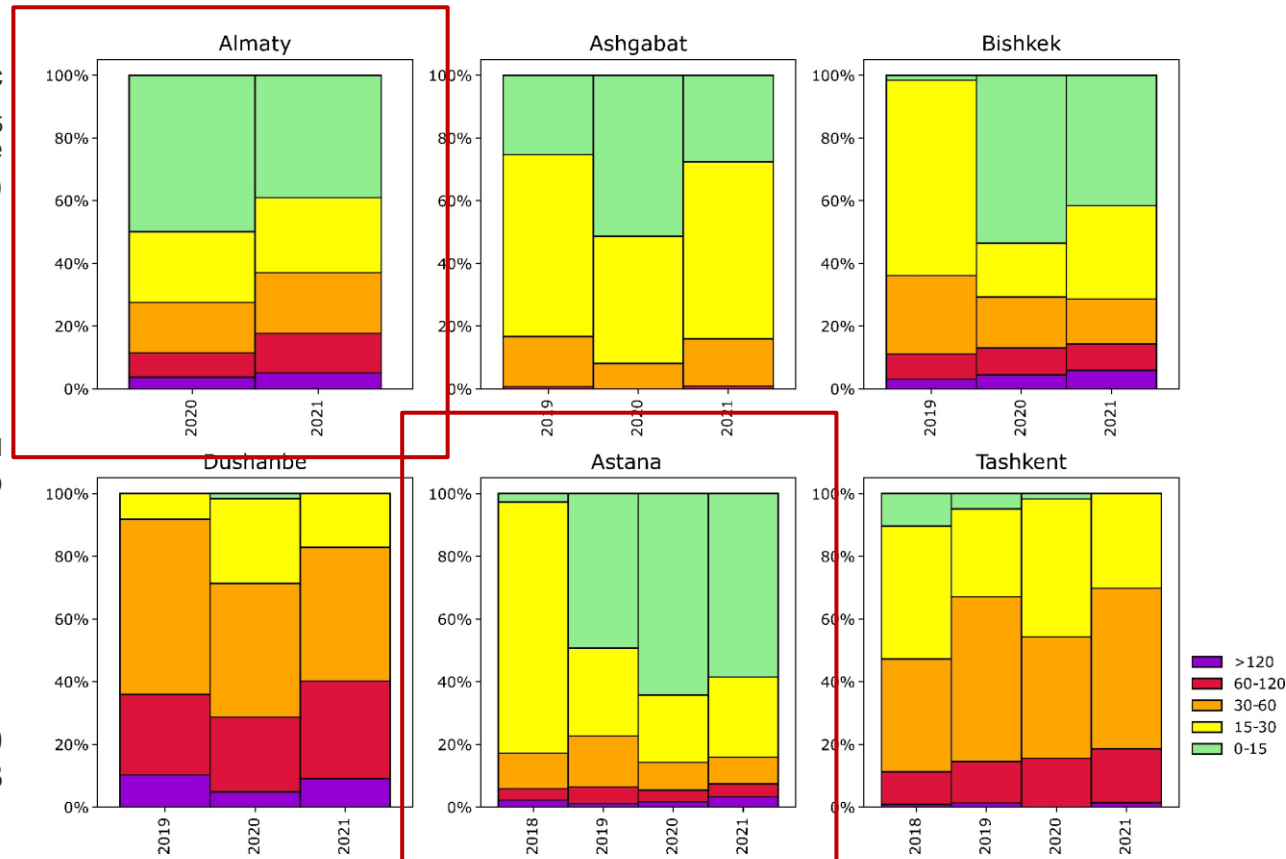
98% дней в Алматы

90% дней в Астане

Суточные концентрации более 120 мкг/м³ (превышение пределов ВОЗ в 8 раз)

5% в Алматы

3% дней в году в Астане



Частота дней по диапазонам среднесуточной концентрации PM_{2.5}: 0-15 мкг/м³; 15-30 мкг/м³; 30-60 мкг/м³; 60-120 мкг/м³; >120 мкг/м³.

Источник: [Tursumbayeva et al., 2023](#).

Преждевременная смертность от загрязнения воздуха в странах Центральной Азии составила 61 - 89 человек на 100 000 населения в 2021 году

Tajikistan	Kyrgyzstan	Kazakhstan	Uzbekistan	Turkmenistan
------------	------------	------------	------------	--------------

Число преждевременных смертей в 2021 году от воздействия загрязнения атмосферного воздуха и воздуха внутри помещений

7,365	4,018	11,557	29,913	3,582
-------	-------	--------	--------	-------

Смертность вследствие воздействия загрязнения атмосферного воздуха и воздуха в помещениях, на 100 000 населения в 2021 г.

78	61	63	89	70
----	----	----	----	----

Совокупный экономический ущерб от преждевременной смертности в результате загрязнения воздуха

Tajikistan	Kyrgyzstan	Kazakhstan	Uzbekistan	Turkmenistan
------------	------------	------------	------------	--------------

\$480 mln 5,9% от ВВП	\$432 mln 5,1% от ВВП	\$12,022 mln 6,7% от ВВП	\$ 4,241 mln 7,3% от ВВП	\$2,412 mln 5,8% от ВВП
--------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	----------------------------

https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf#:~:text=the overall annual economic cost,stood at US%24 1.575 trillion.

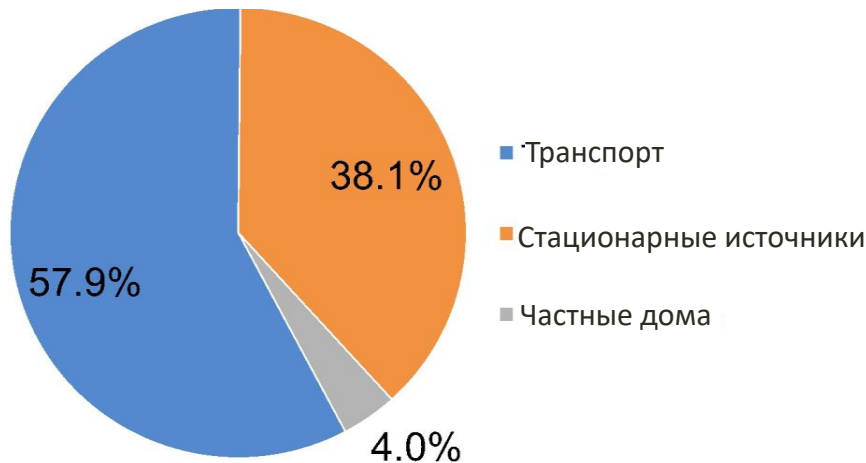
Официальные инвентаризационные оценки выбросов загрязняющих веществ: Некорректная методология инвентаризации

По оценкам официальной инвентаризации, транспорт является основным источником загрязнения воздуха:

- Алматы - 52%
- Душанбе - 60%
- Астана - 55%
- Ташкент - 90%

Исследование по инвентаризации выбросов для г. Алматы, Казахстан

Выбросы по секторам

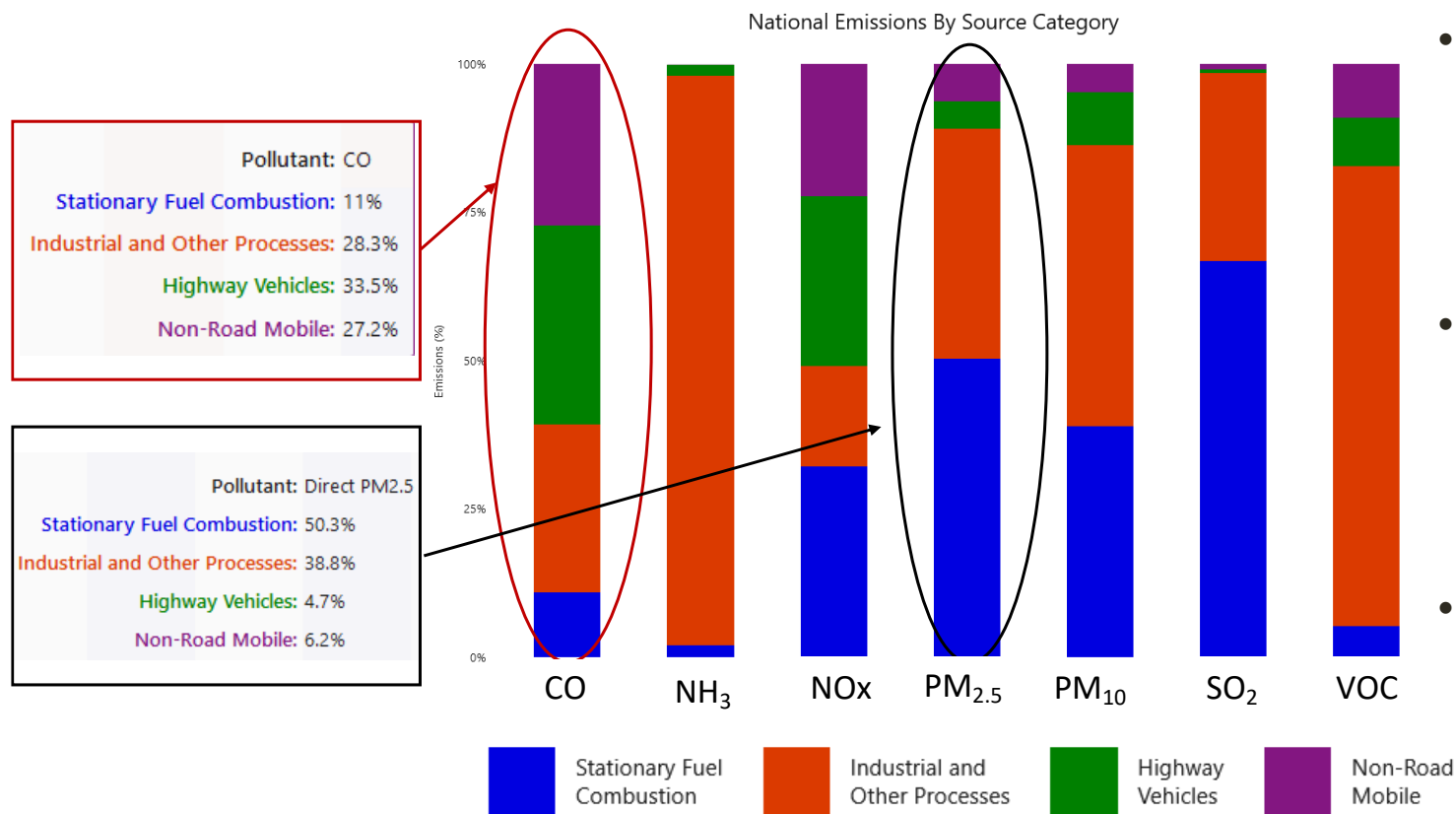


Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (PM, SO₂, NO₂, CO, и др.) суммируются без учета токсичности каждого загрязняющего вещества.



Источник: EcoExpert, 2020.

При инвентаризации в США, Канаде, Китае и ЕС доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по источникам представлена отдельно по каждому загрязняющему веществу



- Управление по охране окружающей среды США, 2022;
- Европейское агентство по охране окружающей среды, 2022 г;
- Правительство Канады, 2022 год.

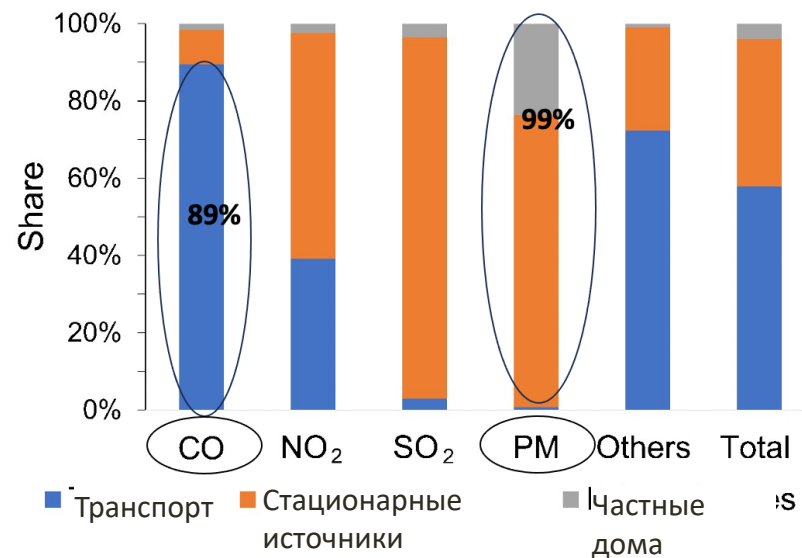
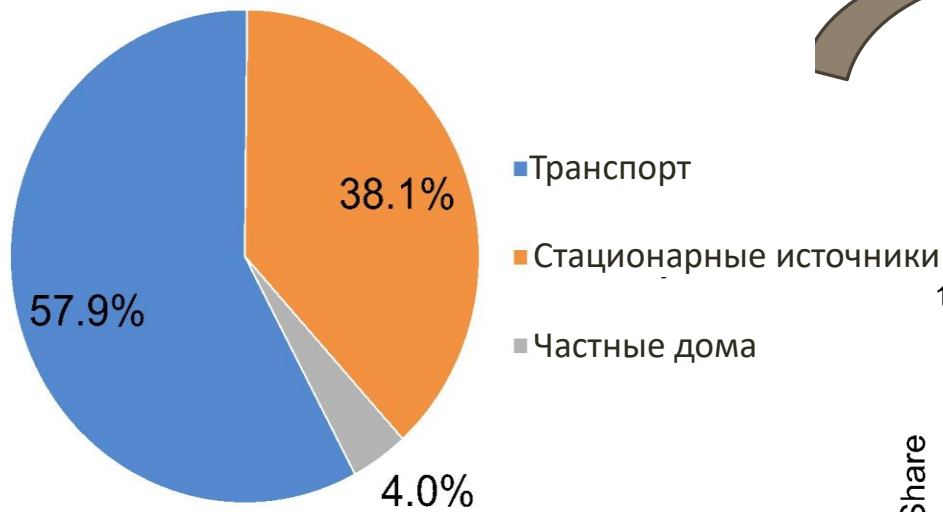
Источник: [Our Nation's Air. Trends through 2022 by EPA.](https://www.epa.gov/air-trends-report/2023/air-pollution)

INTERNAL. This information is accessible to ADB Management and staff. It may be shared outside ADB with appropriate permission.

<https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2023/air-pollution>

Официальные оценки выбросов загрязняющих веществ в г. Алматы, Казахстан

Выбросы по секторам



Выбросы по источникам, представленные по каждому загрязняющему веществу отдельно

Концентрации PM_{2.5} во время карантина

Город	Карантин 19 марта – 14 апреля			До карантина 21 февраля – 18 марта			Сезонные колебания %	
	2019	2020	Difference (%)	2019	2020	Difference (%)	2019	2020
Bishkek	26.5	16.9	-36.4*	51.3	36.8	-28.2*	-48.3*	-54.2*
Astana	36.9	21.8	-40.9*	44.7	20.0	-55.2*	-17.6*	8.7*
Tashkent	23.4	31.1	32.9*	33.3	42.3	26.9*	-29.9*	-26.6*

Note: * indicate that the difference is statistically significant (two-tailed paired t-test, p<0.05)

Data source - US Embassy

Table 4 Average air quality parameters during the winter and the spring

Analyte	Period Year	Winter			Spring			Difference (%)	
		2018–2019	2020	Difference (%)	2018–2019	2020	Difference (%)	2018–2019	2020
CO ^a	Almaty	1.6	1.6	2.7	1.3	1.1	-13.3	-20.6	-33.0
	Nur-Sultan	1.1	0.8	-25.7	0.9	0.6	-29.6	-23.1	-27.1
NO ₂ ^b	Almaty	147.6	132.7	-10.1	101.9	73.4	-28.0	-30.9	-44.7
	Nur-Sultan	96.0	106.2	10.7	94.6	57.4	-39.3	-1.5	-46.0
TSP ^b	Almaty	147.2	172.5	17.2	135.7	158.0	16.5	-7.8	-8.4
	Nur-Sultan	344.1	206.8	-39.9	688.9	194.7	-71.7	100.2	-5.8

*Highlighted in bold – statistically significant ($p \leq 0.05$);

Concentration units: a – mg/m³, b – µg/m³

Источник- Казгидромет

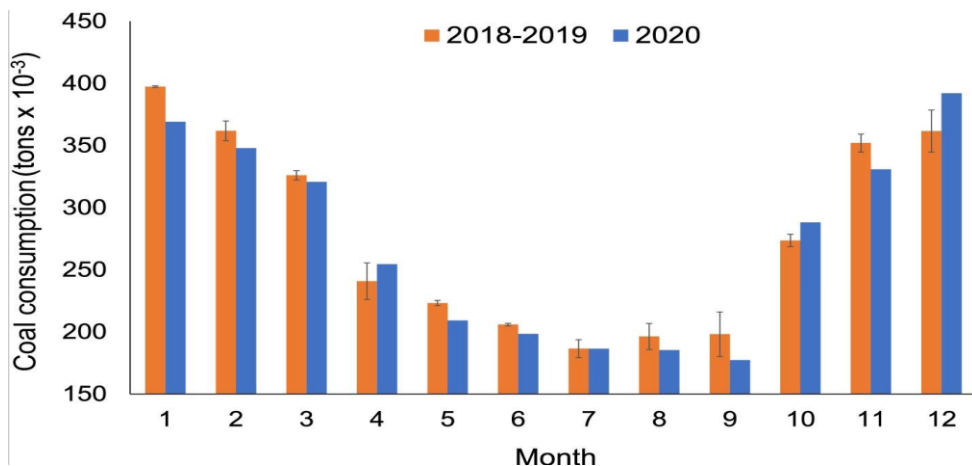
ИСТОЧНИК: [Tursumbayeva et al., 2023](#), [Vaimatova et al., 2022](#).

INTERNAL. This information is accessible to ADB Management and staff. It may be shared outside ADB with appropriate permission.

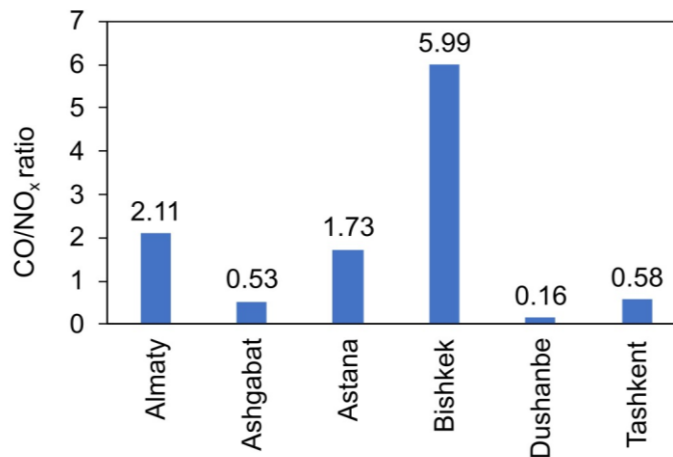
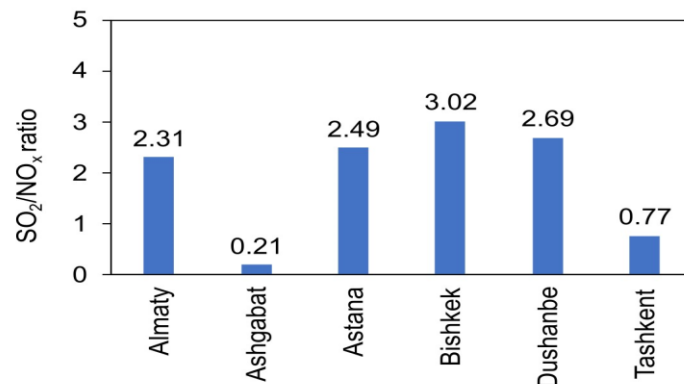
Основные источники PM_{2.5}

По результатам анализа соотношений:

- мобильные источники характеризуются высоким соотношением CO/NO_x (≥ 10) и SO_2/NO_x (≤ 0.6)
- стационарные источники характеризуются высоким отношением SO_2/NO_x (≥ 0.6) и низким CO/NO_x (≤ 10) (Halim et al., 2018 г.)

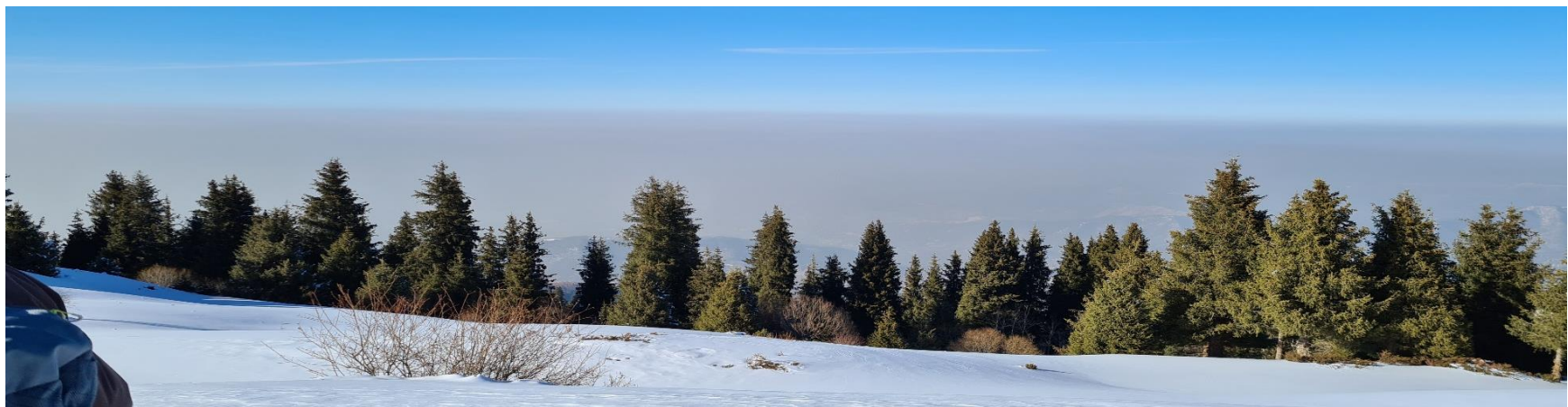


Суточное потребление угля в тоннах на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 г. Алматы в 2018-2019 и 2020 гг. (Байматова и др., 2022)



Соотношение SO₂/NO_x и CO/NO_x из базы данных выбросов EDGAR

Загрязнение воздуха в Казахстане



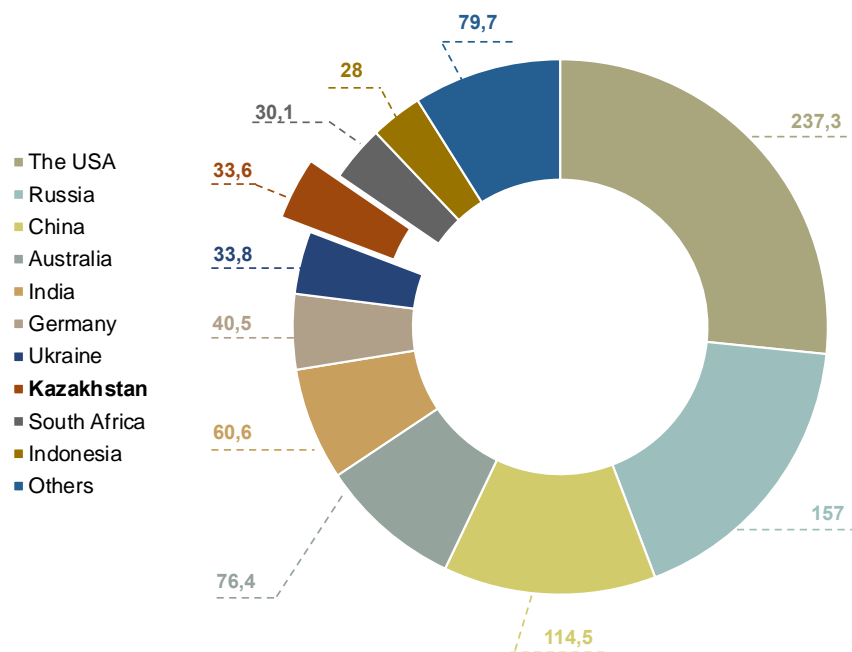
Вид на Алматы с гор, 25 ноября 2021 г.

Потенциальные источники загрязнения воздуха

- Угольные электростанции, бытовые отопительные печи, работающие на угле, выхлопные газы автомобилей ([Kerimray et al., 2020 г.](#)).
- Пустынная и минеральная пыль ([Абдуллаев и Соколик, 2020 г.](#); [Hofer et al., 2017 г.](#)).
- Выхлопные газы автотранспорта, угольные электростанции и использование угля в частных домах для отопления ([Исаев и др., 2022 г.](#)).
- Угольные печи, электростанции и промышленность ([Ассанов и др., 2021 г.](#)).



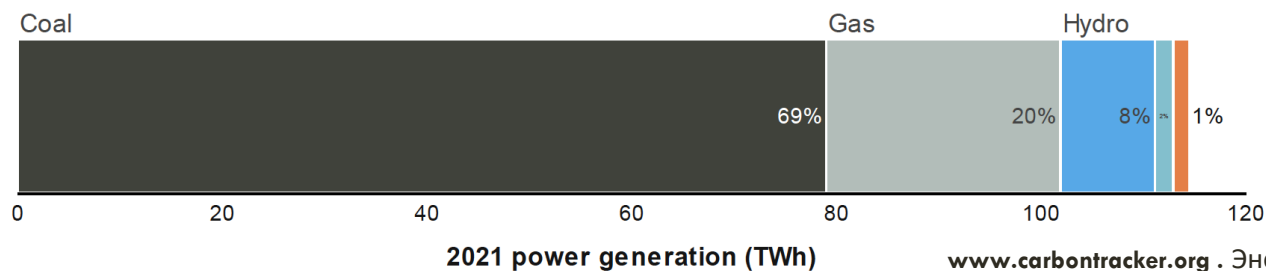
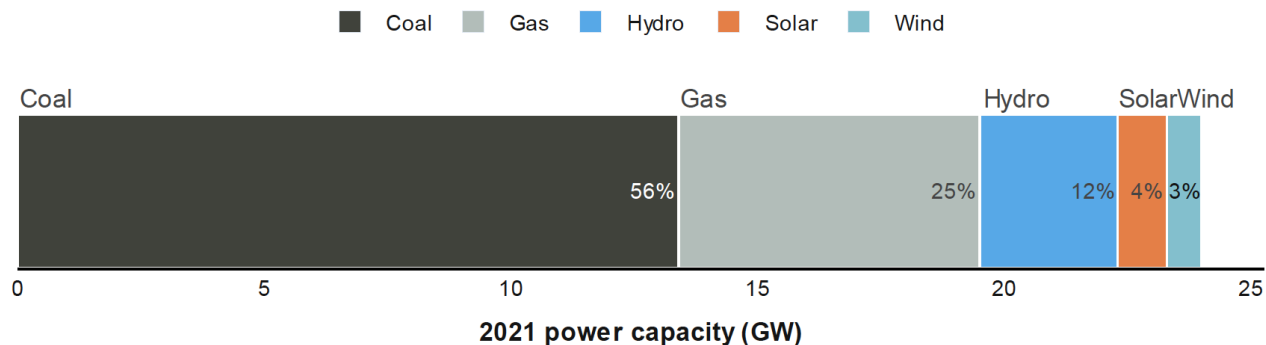
Казахстан – крупнейшая и экономически стабильная страна с уровнем дохода выше среднего в ЦА



По запасам угля Казахстан входит в первую десятку стран, располагая 33,6 млрд. т на 400 месторождениях, из которых 29,4 млрд. т являются доказанными и перспективными (2,4% от общемировых запасов).

Годовая добыча составила 109,2 млн. т угля и лигнита, из которых 80% было потреблено на внутреннем рынке и 20% экспортировано ([Kazenergy, 2021 г.](#))

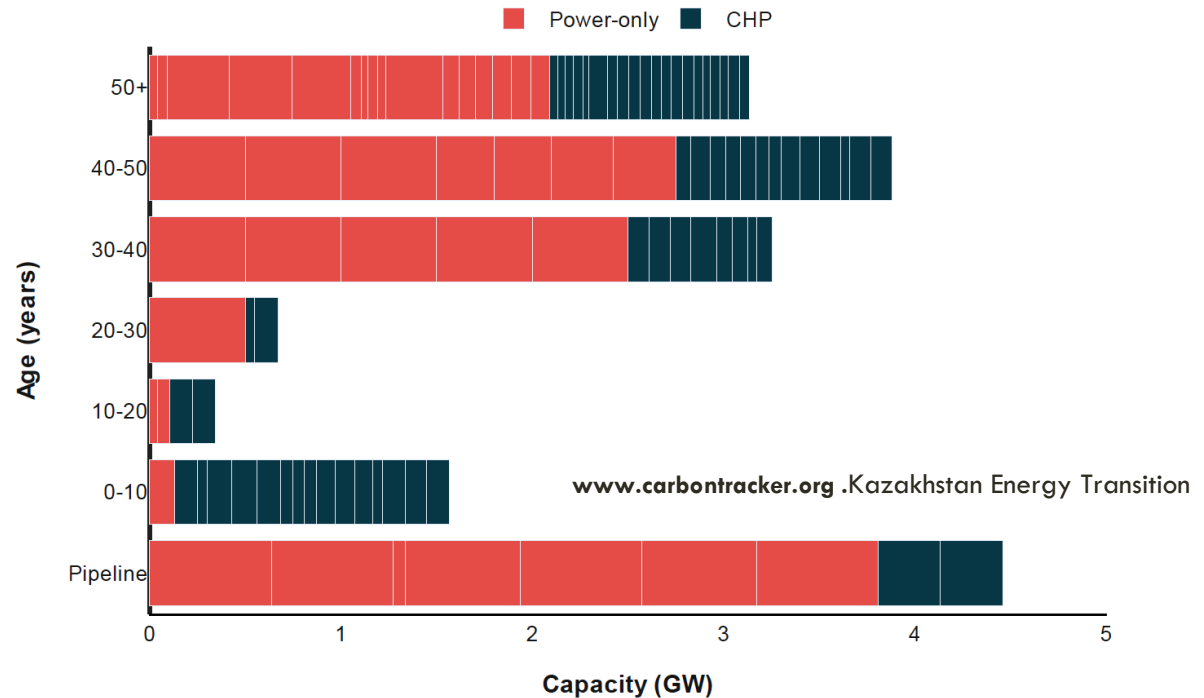
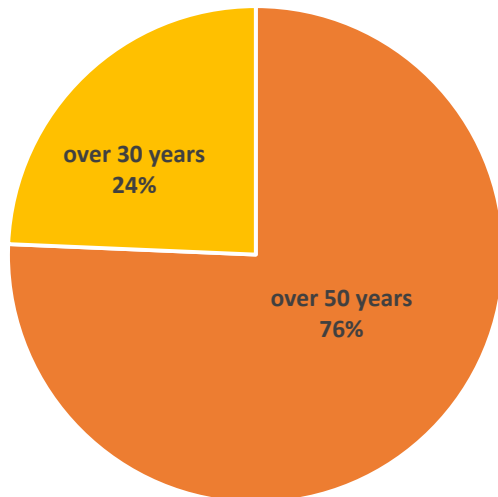
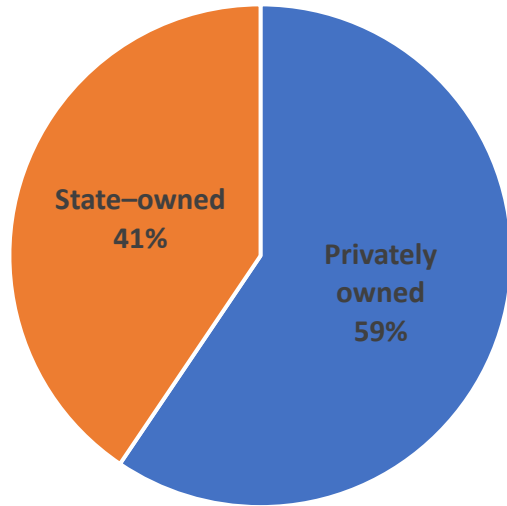
Установленная мощность и производство электроэнергии в Казахстане



www.carbontracker.org . Энергетический переход в Казахстане

- В энергосистеме доминируют угольные электростанции, на долю которых в 2021 году приходилось 56% установленной мощности и 69% выработки.
- Следующим доминирующим источником является газовая энергетика, на которую в 2021 году приходилось 25% мощности и 20% генерации.

Средний износ 37 угольных электростанций, работающих в Казахстане, составляет **66%**



Выбросы казахстанских ТЭЦ превышали предельные показатели европейских стран более чем в **10 раз по PM**, более чем на **20% по NOx**, и **до 2,5 раз по SOx** (Tursumbayeva et al., 2023)

Качество воздуха в Алматы – одно из самых низких в Казахстане



Электро- и теплоэнергию в Алматы обеспечивают три теплоэлектростанции. ТЭЦ-1 использует природный газ в качестве топлива, а ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 – низкосортный уголь (42% зольности)

Ущерб здоровью от загрязнения воздуха в Казахстане составляет 12 млрд. долл. или 6,7% ВВП¹

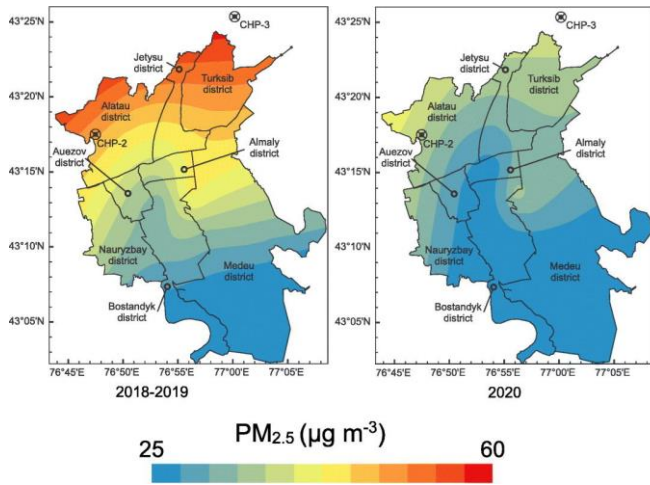
Алматы занимает 8-е место по уровню загрязнения бензолом, толуолом, этилбензолом и ксилолом среди 20 крупных городов мира²

Количество исследований, основанных на оценке качества воздуха в Алматы, очень ограничено, а программа мониторинга определяет только два ЛОВ (формальдегид, фенол)

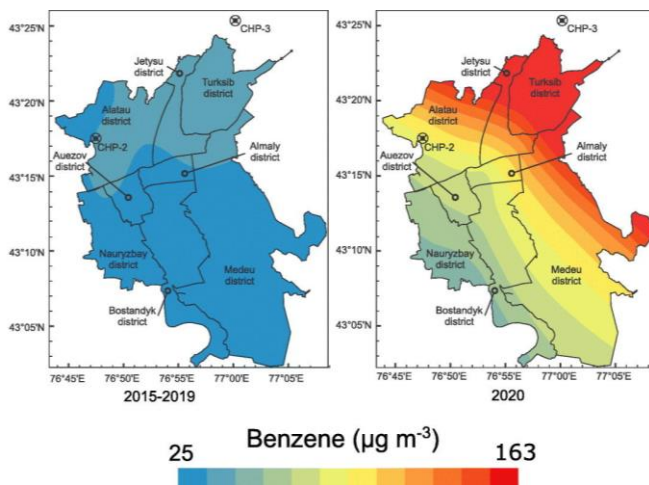
1. Всемирный банк. Глобальная стоимость загрязнения воздуха PM2.5 для здоровья: A Case for Action Beyond 2021. Международное развитие в фокусе. Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк.

2. Карлсен Л., Кенесов Б.Н., Байматова Н.К., Кенесова О.А. Оценка качества воздуха в Алматы. Оценка качества атмосферного воздуха Алматы с учетом транспортной составляющей// International Journal of Biology and Chemistry. - 2013. - том 1 (5). - стр. 49–69.

Оценка изменений качества воздуха в Алматы во время карантина COVID-19



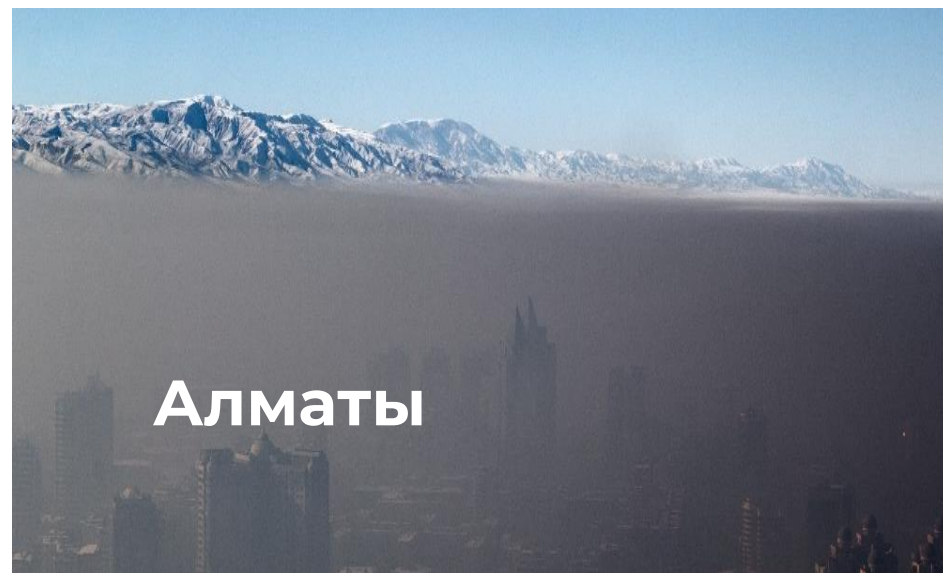
- Концентрация **PM_{2.5}** снизилась на **21%** при пространственных вариациях **6–34%** по сравнению со средним значением за те же дни в **2018–2019 г.**
- Концентрация **CO** и **NO₂** снизилась на **49%** и **35%**, соответственно.
- Концентрация **O₃** увеличились на **15%** по сравнению с предыдущими 17 днями до карантина.
- Концентрация **бензола** (101 мкг/м^3) и **толуола** (67 мкг/м^3) в 2020 г. были в **3** и **2** **раза выше**, чем в те же сезоны 2015-2019 гг.
- Концентрация **этилбензола** (1.0 мкг/м^3) и **о-ксилола** (1.6 мкг/м^3) были **4** и **2,7** **раза ниже** в 2020 г.



Отсутствие движения не может привести к существенному снижению уровня загрязнения, так как в городе преобладают несколько основных источников выбросов.

Смертность и экономические издержки связанные с загрязнением воздуха в 2022 году, обусловленные воздействием высоких концентраций $PM_{2.5}$

- 1 786-2 342 смертей
- 84-111 смертей на 100 000 населения
- **\$970 – \$5 877 млн.**
- **2,8%-16,8% от ВРП**



- **557-750** смертей или
- 43-58 смертей на 100 000 населения
- **\$308 – \$1,881 млн.**
- **1,6%-9,5% от ВРП**

Астана

Информация об источниках загрязнения воздуха имеет решающее значение

- Оценка эффективности политики сокращения выбросов (до и после).
- Определение вклада природных и антропогенных источников выбросов.
- Планы улучшения качества воздуха.
- Количественная оценка трансграничного загрязнения.
- Информирование общественности.

Спасибо за внимание!



BR10965258

Фотография: @Dots_foto



Ecology of Biosphere

