

SPUTNIK

Основные причины и источники зимнего смога в Бишкеке

Канат Султаналиев,
Американский университет в Центральной Азии,
20 октября 2021

Содержание

1. Вводная информация
2. Краткий обзор литературы
3. Цели исследования
4. Методы
5. Результаты
6. Выводы
7. Рекомендации

Введение

- ❖ Исследование было выполнено в рамках университетской грантовой программы АУЦА. В состав исследовательской группы входили 3 ключевых специалиста. Также, для сбора данных были привлечены несколько студентов из АУЦА. Исследование проходило с апреля по август 2021 года в Бишкеке.
- ❖ Загрязнение воздуха представляет собой серьезную угрозу для здоровья человека. По глобальным оценкам, 7 миллионов случаев преждевременной смерти во всем мире связаны с загрязнением воздуха, в основном из-за болезней сердца, инсульта, хронической обструктивной болезни легких, рака легких и острых респираторных инфекций (ВОЗ 2021).
- ❖ Ситуация с загрязнением воздуха в Бишкеке в последние несколько зим была беспрецедентной. Качество воздуха стало очень важной темой общественного обсуждения в городе и на национальном уровне.
- ❖ Данные о PM_{2,5} доступны из растущей сети независимых недорогих датчиков. В феврале 2019 года посольство США установило в своих помещениях высококачественный бета-монитор ослабления и размещает данные в Интернете на сайте www.Airnow.gov для анализа. Недавно Общественное объединение Movegreen в партнерстве с Кыргызгидрометом запустило новую платформу www.aq.kg, где в режиме реального времени доступны данные о загрязнении воздуха и климате с нескольких датчиков. Однако исторические данные еще не доступны на этом веб-сайте.

Краткий обзор литературы

- Подрезовы из КРСУ в течение многих лет изучали загрязнение воздуха в Бишкеке и подчеркивали, что зимние метеорологические условия в Бишкеке очень благоприятны для возникновения смога.
- Перова и Подрезов (КРСУ) в 2013 году провели подробный анализ факторов, которые делают Бишкек и Чуйскую долину в целом местом, очень подходящим для частых зимних инверсий.
- В отчете Movegreen за зимний сезон 2020-2021 годов (Movegreen 2021) указано, что среднесуточные концентрации PM_{2,5} в декабре 2020 года и январе 2021 года превышали соответствующие стандарты в несколько раз, и упоминается вероятное влияние температурных инверсий на зимний смог в Бишкеке.
- Активист-эколог Павел Исаенко (Isaenko 2021) также предположил, что географические и метеорологические особенности Чуйской долины играют значимую роль в уязвимости Бишкека для зимнего смога.
- Тем не менее, судя по публикациям в СМИ и некоторым высказываниям представителей соответствующих ведомств общественность по-прежнему недооценивает решающее значение метеорологических условий для зимнего смога в городе.

Задачи исследования

- ❖ Основная цель исследования АУЦА заключалась в улучшении понимания основных причин, источников и последствий зимнего загрязнения воздуха в Бишкеке. В частности, в нашем исследовании были рассмотрены следующие три вопроса:
 1. Какая связь между температурными инверсиями и случаями чрезвычайно высокого уровня загрязнения воздуха в Бишкеке?
 2. Какие из основных источников загрязнения воздуха зимой (ТЭЦ, автомобили, отопление домов) являются наиболее важными факторами возникновения зимнего смога в Бишкеке?
 3. Каковы экономические издержки загрязнения воздуха в Бишкеке?
- ❖ Это исследование сосредоточено на загрязнении PM_{2,5}, поскольку именно этот загрязнитель считается одной из основных причин проблем со здоровьем, связанных с загрязнением воздуха во всем мире. PM_{2,5} могут даже проникать в кровоток, вызывая сердечно-сосудистые и респираторные воздействия, а также поражая другие органы (ВОЗ, 2021 г.).

Методология

- ❖ Сбор данных - одно из основных препятствий, затрудняющих исследовательскую деятельность в Кыргызской Республике. Мы тщательно изучили соответствующую литературу и связались с ключевыми заинтересованными сторонами, чтобы получить доступную информацию и данные.
- ❖ Были проанализированы имеющиеся данные о загрязнении воздуха, и было решено выбрать датчик PM_{2,5}, установленный в посольстве США в Бишкеке. Доступ к данным с датчика Кыргызгидромета был затруднен. Датчики, закупленные АБР, начали мониторинг только весной 2021 года. Посольство США начало мониторинг загрязнения воздуха в Бишкеке в феврале 2019 года, поэтому наше исследование также сосредоточено именно на период с февраля 2019 года по июль 2021 года.
- ❖ Студенты АУЦА провели полевое обследование для оценки среднего пробега автомобилей Бишкека. Для этого исследования исследователи разработали небольшую анкету.
- ❖ Данные о выбросах от транспортных средств были получены из одной из лабораторий, которые проводят измерения выбросов от транспортных средств в Бишкеке. Руководитель этой лаборатории был очень отзывчивым и бесплатно предоставил соответствующие данные.
- ❖ Метеорологические данные были получены через специализированную онлайн-метеорологическую платформу, которая бесплатно предоставляет климатические данные. В частности, исследовательская группа загрузила доступные климатические данные за 2019, 2020 и 2021 годы для двух метеостанций - Бишкек и Байтик.
- ❖ Базовая количественная оценка выбросов PM_{2,5} из основных источников проводилась в соответствии с коэффициентами выбросов, которые были найдены в соответствующих исследованиях и базах данных в других странах.

Анализ данных датчика посольства США

- Данные датчиков посольства США были проверены и отфильтрованы следующим образом: ежечасные концентрации PM2,5, показанные в загруженном файле Excel как «недействительные», «отсутствующие» и «подозрительные», были удалены; отрицательные концентрации PM2,5 были заменены на 0 мкг.
- Чтобы сузить объем нашего анализа, мы сосредоточились только на экстремальных часовых «неочищенных» концентрациях, а именно на случаях самых высоких концентраций, превышающих пороговое значение в 500 мкг в период с 1 октября по 30 апреля каждого года с 2019 по 2021 год (на сегодняшний день). В 2019 году было зарегистрировано 4 таких случая (все в декабре), в 2020 году - 5 (также в декабре), а в 2021 году - 40 случаев (все в январе).

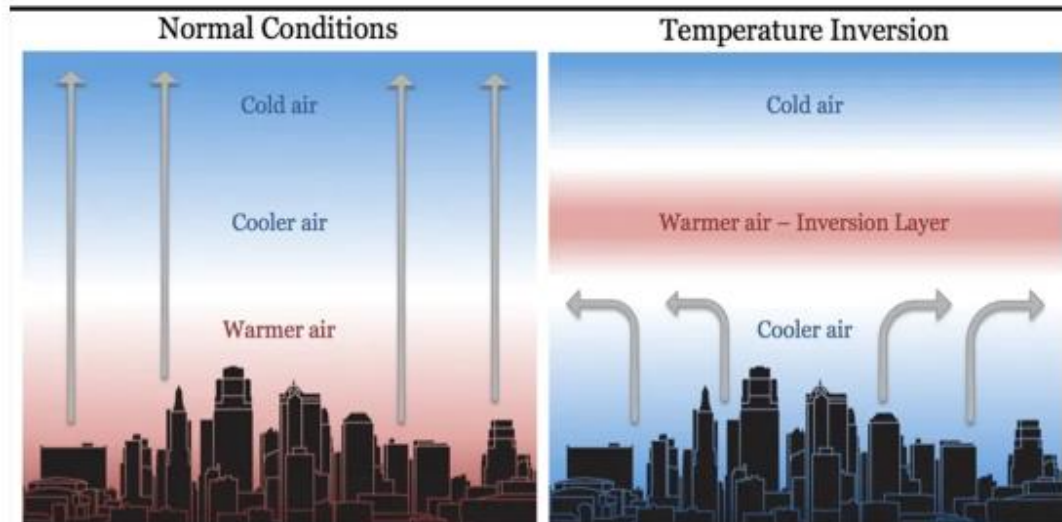
Site	Param	Date (LT)	Year	Month	Day	Hour	NowCA	AQI	AQI Categ	Raw Co	Conc, U	Duratio	QC Nar
Bishkek	PM2.5 - Pr	02.01.2021 17:00	2021	1	2	17	488.2	492	Hazardous	673	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	02.01.2021 18:00	2021	1	2	18	617.6	577	Hazardous	747	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	02.01.2021 19:00	2021	1	2	19	685.4	609	Hazardous	713	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	02.01.2021 20:00	2021	1	2	20	626.2	583	Hazardous	587	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 14:00	2021	1	3	14	385.8	427	Hazardous	631	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 15:00	2021	1	3	15	653.4	601	Hazardous	917	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 16:00	2021	1	3	16	577.2	551	Hazardous	501	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 17:00	2021	1	3	17	645.2	598	Hazardous	723	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 18:00	2021	1	3	18	769.1	677	Hazardous	889	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 19:00	2021	1	3	19	739.6	658	Hazardous	710	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	03.01.2021 23:00	2021	1	3	23	540.2	526	Hazardous	579	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 3:00	2021	1	4	3	494.7	496	Hazardous	709	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 6:00	2021	1	4	6	615.3	576	Hazardous	736	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 8:00	2021	1	4	8	535.3	523	Hazardous	559	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 13:00	2021	1	4	13	585.9	521	Hazardous	648	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 14:00	2021	1	4	14	546	530	Hazardous	556	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	04.01.2021 15:00	2021	1	4	15	652	600	Hazardous	758	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	05.01.2021 19:00	2021	1	5	19	511.1	520	Hazardous	738	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	07.01.2021 16:00	2021	1	7	16	442	461	Hazardous	511	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	08.01.2021 16:00	2021	1	8	16	301.8	352	Hazardous	533	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	08.01.2021 17:00	2021	1	8	17	496.9	498	Hazardous	692	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	08.01.2021 18:00	2021	1	8	18	571	547	Hazardous	645	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	09.01.2021 19:00	2021	1	9	19	404.8	437	Hazardous	588	UG/M3	1 Hr	Suspect
Bishkek	PM2.5 - Pr	16.01.2021 19:00	2021	1	16	19	413.5	441	Hazardous	599	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	16.01.2021 20:00	2021	1	16	20	481.3	487	Hazardous	549	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	17.01.2021 20:00	2021	1	17	20	513.2	508	Hazardous	826	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	18.01.2021 15:00	2021	1	18	15	15.6	58	Moderate	967	UG/M3	1 Hr	Invalid
Bishkek	PM2.5 - Pr	18.01.2021 16:00	2021	1	18	16	-999	-999	N/A	911	UG/M3	1 Hr	Invalid
Bishkek	PM2.5 - Pr	19.01.2021 21:00	2021	1	19	21	365.1	411	Hazardous	648	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	20.01.2021 18:00	2021	1	20	18	81.1	164	Unhealthy	580	UG/M3	1 Hr	Invalid
Bishkek	PM2.5 - Pr	21.01.2021 16:00	2021	1	21	16	364.4	410	Hazardous	671	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	22.01.2021 8:00	2021	1	22	8	508.3	505	Hazardous	707	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	26.01.2021 15:00	2021	1	26	15	475.8	484	Hazardous	686	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	26.01.2021 21:00	2021	1	26	21	492.3	495	Hazardous	744	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	26.01.2021 22:00	2021	1	26	22	557.2	538	Hazardous	622	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	27.01.2021 1:00	2021	1	27	1	480	454	Hazardous	511	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	27.01.2021 2:00	2021	1	27	2	572.5	548	Hazardous	715	UG/M3	1 Hr	Valid
Bishkek	PM2.5 - Pr	27.01.2021 13:00	2021	1	27	13	541.6	527	Hazardous	648	UG/M3	1 Hr	Valid

Загрязнение воздуха и климатические условия

- ❖ Наша идея состояла в том, чтобы изучить случаи аномально высоких уровней загрязнения и выяснить, наблюдались ли случаи температурной инверсии до и во время событий экстремального загрязнения воздуха. Анализ среднемесячных температур на двух метеостанциях, Бишкек (760 метров над уровнем моря) и Байтик (1580 метров над уровнем моря), был проведен, чтобы понять, как температуры на этих двух станциях связаны друг с другом в разные сезоны.
- ❖ Анализ показал, что летом разница между двумя станциями была значительно выше $6,5^{\circ}\text{C}$, что является нормальным явлением, поскольку температура имеет тенденцию к снижению с увеличением высоты над уровнем моря. Однако зимой эта разница резко сокращается, а в январе 2021 года разница стала даже отрицательной, что означает, что среднесуточные температуры в Байтике были выше, чем в Бишкеке (что интересно, именно январь 2021 года был месяцем, когда было зарегистрировано 40 из 49 случаев экстремального загрязнения воздуха с февраля 2019 г.).

Температурная инверсия

Такая необычная ситуация с отрицательной разницей температур между Бишкеком и Байтиком может быть объяснена влиянием температурной инверсии - метеорологического явления, при котором приземный слой воздуха становится холоднее, чем более верхний слой воздуха, в то время как в нормальных условиях приземный воздух должен быть теплее более верхних слоев воздуха (Encyclopedia Britannica 2021). Другими словами, температурная инверсия нарушает нормальный вертикальный теплообмен и позволяет более холодному воздуху у земли попасть в ловушку. Такие условия в Бишкеке усугубляются тем, что в зимнее время наблюдаются частые продолжительные периоды холодной и пасмурной погоды с очень слабым ветром (среднегодовая скорость ветра в Бишкеке составляет около 4 км/час, а в мире 12 км/час) а также наличием гор, которые еще больше затрудняют любое смешивание воздушных масс.



Arrows show air flow in normal conditions on the left and during temperature inversion on the right. In normal conditions, warm air rises and normal convective patterns persist. During temperature inversion, the warm air acts as a cap, effectively shutting down convection and trapping smog over the city.

Source: www.naturphilosophie.co.uk/

Almaty, Kazakhstan



Denver, USA



Paris, France



Таблица 4: Экстремальные случаи загрязнения ТЧ2.5 и соответствующие климатические

#	Год	Дата	Время	ТЧ2.5 квещ. мг на м3	Температура в Бишкеке, °С, в соответствующие моменты времени	Температура Байтка, °С	Случаи инверсии, наблюдавшиеся в предыдущих 36 часов	Снег/дождь или туман за предыдущие 120 часов
1, 2	2019	Дек. 01	15.00 16.00	603 576	12.00 – 3.8 15.00 – 7.1 18.00 – 0.8	12.00 – 6.6 15.00 – 8.1 18.00 – 0.9	Да	Да
3, 4	2019	Дек. 17	14.00 15.00	753 533	12.00 – 4.3 15.00 – 0.3 18.00 – 2.4	12.00 – 2.3 15.00 – 4.4 18.00 – 3.5	Да	Да
5	2020	Дек. 18	17.00	778	06.00 – 11.6 18.00 – 0.9 21.00 – 4.2	06.00 – 10.1 18.00 – 7.5 21.00 –	Да	Да
6, 7, 8	2020	Дек. 22	14.00 15.00 16.00	785 637 518	12.00 – 4.8 15.00 – 2.0 18.00 – 4.8	12.00 – 0.9 15.00 – 0.4 18.00 – 7.5	Да	Да
9	2020	Дек. 26	15.00	644	09.00 – 3.2 12.00 – 0.2 15.00 – 2.4	09.00 – 2.8 12.00 – 2.8 15.00 –	Да	Да
10, 11, 12, 13	2021	Янв. 02	17.00 18.00 19.00 20.00	673 747 713 587	12.00 – 9.2 15.00 – 3.8 18.00 – 7.9 21.00 – 13.1	12.00 – 1.0 15.00 – 2.1 18.00 – 7.6 21.00 – 7.0	Да	Да

Таблица четко демонстрирует, что всем 49 случаям экстремального загрязнения PM2,5 в Бишкеке в период с февраля 2019 года предшествовали события температурной инверсии в течение 36 часов. Другое наблюдение заключается в том, что в течение 5 дней до случаев экстремального загрязнения наблюдались случаи снегопада / дождя / тумана в Бишкеке. Обычно (хотя и не всегда) экстремальные загрязнения сопровождались также повышенной влажностью воздуха, высоким атмосферным давлением и отрицательными температурами.

14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	2021	Янв. 03	14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 23.00	631 917 501 721 889 710 579	03.00 – 13.6 06.00 – 13.7 09.00 – 15.3 12.00 – 9.0 15.00 – 6.6 18.00 – 10.5 21.00 – 13.7	03.00 – 8.1 06.00 – 8.4 09.00 – 9.0 12.00 – 0.8 15.00 – 1.8 18.00 – 7.6 21.00 – 1.8	Да	Да
21 22 23 24 25 26	2021	Янв. 04	05.00 06.00 08.00 13.00 14.00 15.00	709 736 559 649 556 758	03.00 – 14.7 06.00 – 15.1 09.00 – 16.8 12.00 – 11.0 15.00 – 8.7 18.00 – 12.2	03.00 – 8.4 06.00 – 9.6 09.00 – 8.4 12.00 – 2.9 15.00 – 3.1 18.00 – 5.2	Да	Да
27	2021	Янв. 05	19.00	738	18.00 – 7.4 21.00 – 11.1	18.00 – 6.1 21.00 – 11.3	Да	Да
28	2021	Янв. 07	16.00	511	15.00 – 9.2 18.00 – 11.4	15.00 – 8.4 18.00 – 9.6	Да	Да
29 30 31	2021	Янв. 08	16.00 17.00 18.00	533 692 645	09.00 – 11.7 15.00 – 3.6 21.00 – 10.9	09.00 – 14.2 15.00 – 6.1 21.00 – 13.4	Да	Да
32 33	2021	Янв. 16	19.00 20.00	599 549	09.00 – 1.6 12.00 – 14.6 21.00 – 7.9	09.00 – 10.4 12.00 – 12.4 21.00 – 5.2	Да	Да
34	2021	Янв. 17	20.00	826	06.00 – 2.8 21.00 – 1.0	06.00 – 4.8 21.00 – 0.8	Да	Да
35	2021	Янв. 19	21.00	648	06.00 – 4.8 21.00 – 6.3	06.00 – 0.5 21.00 – 0.2	Да	Да

Интересно, что перед «самой грязной неделей» со 2 по 8 января 2021 года не было ни снега, ни дождя. Однако было зарегистрировано несколько случаев, когда точка росы была ближе 2 °С к температуре воздуха. В таких условиях погода становится очень благоприятной для образования туманов (<https://glossary.ametsoc.org/wiki/Fog>). Действительно, в тот период на метеостанции Бишкека было зафиксировано много туманных дней.

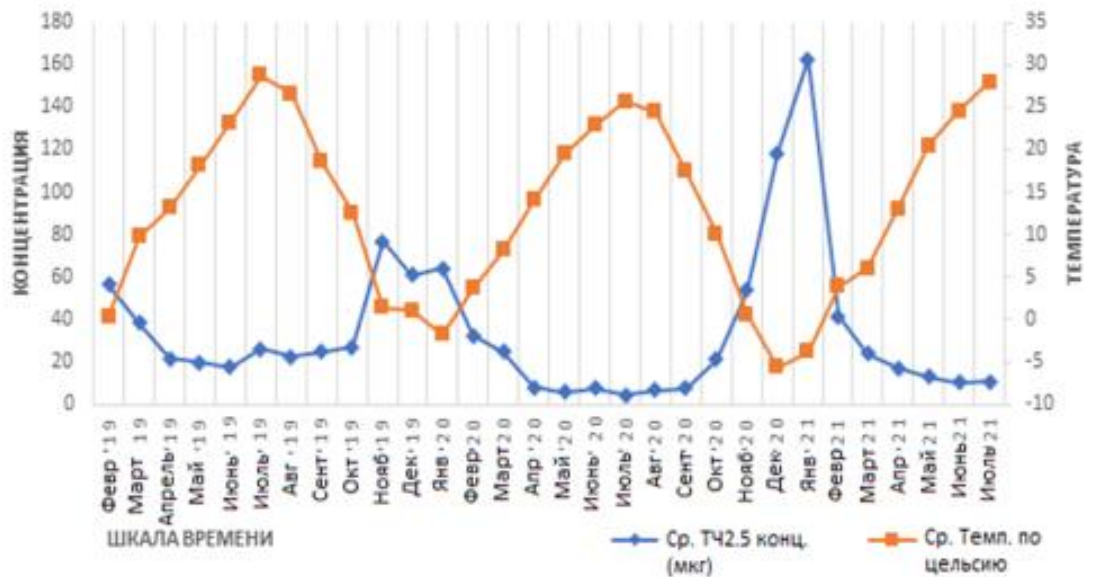


Рисунок 1: Ежемесячные концентрации TCh_{2.5} и температура в Бишкеке



Рисунок 2: Ежемесячная концентрация TCh_{2.5} и разница в температуре между Бишкеком и Байтиком

Годовые концентрации PM_{2,5} в Бишкеке

Средние концентрации PM_{2,5} в Бишкеке за наблюдаемый период были следующими (на основе данных датчиков посольства США):

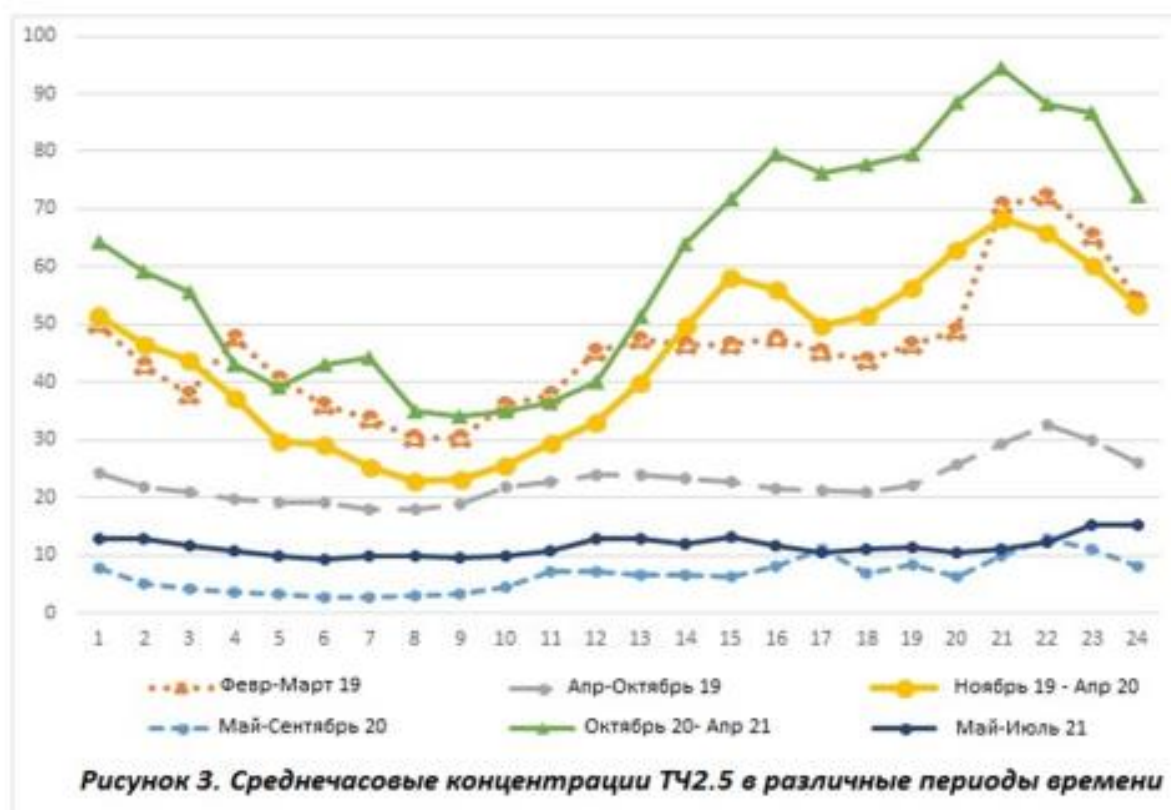
2019 г. (февраль-декабрь) - 35,4 мкг / м³;

2020 г. - 28,5 мкг / м³;

2021 г. (январь-июль) - 39,6 мкг / м³.

По шкале AQI США эти уровни загрязнения соответствуют 2 и 3 категориям качества воздуха - умеренным и вредным для уязвимых групп. По шкале DAQI Великобритании эти уровни интерпретируются как низкие и умеренные. В недавно обновленных руководящих принципах ВОЗ установлен рекомендуемый годовой уровень 5 мкг / м³.

Согласно рейтингу IQAir (<https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities>) самым загрязненным городом в мире в 2020 году был Хотан / Китай со среднегодовой концентрацией PM_{2,5} 110,2 мкг / м³. В городе №50 в этом списке - Аксу / Китай - средняя концентрация составила 58,4 мкг / м³. Бишкек находится на 160 месте с показателем 43,5 мкг / м³. В таких городах, как Карачи / Пакистан, Доха / Катар, Кабул / Афганистан, Улан-Батор / Монголия, Калькутта / Индия, Урумчи / Китай качество воздуха хуже, чем в Бишкеке. Алматы / Казахстан находится на 203 месте со средней концентрацией 39,3 мкг / м³.



Местоположение датчика посольства США



Подсчет выбросов ТЭЦ

Потребление угля ТЭЦ в отопительный период за последние годы составило около 820 000 тонн (согласно письму ТЭЦ). Коэффициент выбросов для электростанций в США, работающих на угле консервативно, оценивается примерно в 1,1 кг на тонну сожженного угля (US EPA 2018b).

Таким образом, мы можем подсчитать, что Бишкекская ТЭЦ в среднем выбрасывает около 902 тонн $TC_{2.5}$ в течение типичного отопительного сезона с октября по март, исходя из предположения, что средняя эффективность очистных систем на электростанциях обычно достигает 98-99% (Zhang 2016). Однако если предположить, что эффективность системы контроля выбросов на Бишкекской ТЭЦ окажется ниже среднемировых, то объемы выбросов тоже будут соразмерно выше.

Высота выхлопных труб на ТЭЦ – это важный фактор, который способствует эффективному рассеиванию выбросов ТЭЦ в атмосфере.



2014 National Emissions Inventory, version 2
Technical Support Document

July 2018

Table 4-69: CAP emission factors for ICI source categories

Description	Emission Factor Units ¹	VOC	NO _x	CO	SO ₂	PM2.5-FIL	PM10-FIL	PM-CO ₂
Industrial Anthracite Coal	lb/ton	0.3	9	0.6	39 * 5%	0.48 * A%	1.1 * A%	0.08 * A%
Industrial Bitum/Subbitum Coal	lb/ton	0.05	11	5	38 * 5%	1.4	12	1.04
Industrial Distillate Oil	lb/1000 gal	0.2	20	5	142 * 5%	0.25	1	1.3
Industrial Residual Oil	lb/1000 gal	0.28	55	5	157 * 5%	4.67 * (1.12 * 5% + 0.37)	7.17 * (1.12 * 5% + 0.37)	1.5
Industrial Natural Gas	lb/MMcf	5.5	100	84	0.6	0.11	0.2	0.322

Подсчет выбросов частного сектора

Количество индивидуальных жилых домов - 104 448 (согласно письму мэрии) и средний расхода угля домохозяйствами - в пределах от 2,6 тонны (World Bank 2020) примерно до 3,27 тонны (Camp Alatoo, 2016). Для наших расчетов мы использовали среднее значение между этими двумя оценками - 2,935 тонн на домохозяйство.

Исходя из предположения, что 85-90% частных домов используют уголь в качестве основного топлива, приблизительное потребление угля частным сектором в Бишкеке во время отопительного сезона можно оценить примерно в 266700 тонн. Для расчета, мы использовали взвешенный коэффициент выбросов $PM_{2,5}$, равный 13,7 кг на тонну битуминозных углей (Champion et al, 2017).

В результате мы получили, что частные домохозяйства выбрасывают 3 654 тонны $PM_{2,5}$ в атмосферу Бишкека за отопительный сезон. При этом следует отметить, что коэффициент выбросов для угля Каракече может значительно отличаться от указанного выше. Так, согласно недавнему российскому исследованию (ОАО «МНИИЭКО», 2014), коэффициент выбросов бурого угля со свойствами, близкими к Каракече (влажность около 20% и калорийность 4240 Ккал на кг), может достигать 68 кг на тонну сожженного угля.

Выбросы от автомобилей

- Для оценки выбросов от автотранспорта мы взяли статистику НСК по количеству личных автомобилей в Бишкеке в 2019 году - 324 200 единиц. Один из основных методов оценки выбросов $PM_{2,5}$ от автомобильного транспорта основан на использовании коэффициентов выбросов для транспортных средств на километр пробега. Мы использовали коэффициент выбросов 0,02 г на автомобиль на километр (Fern and Sjoberg, 2015). Приблизительный пробег водителей Бишкека оценивается примерно в 175 км в неделю на основе опроса, проведенного студентами АУЦА (см. Сводную таблицу в приложениях). Дальнейшие расчеты показали, что выбросы $PM_{2,5}$ от частных автомобилей составят около 29,5 тонн в период с октября по март. Эта цифра кажется очень заниженной, но, с другой стороны, она дает хорошее представление о потенциальном вкладе транспортного сектора в загрязнение $ТЧ_{2,5}$ в Бишкеке.
- Выбросы транспортных средств в Кыргызской Республике регулируются требованиями Таможенного союза, в частности, специальным Техническим приказом № 018 (Таможенный союз 2011). В Приложении № 8 к настоящему техническому приказу перечислены особые требования к транспортным средствам:

Контроль за выбросами транспортных средств

Объем загрязняющих веществ в транспортных средствах, подлежащих контролю в Кыргызской Республике, очень ограничен. В отличие от Европы и других развитых стран, в Кыргызстане, как и в других странах Евразийского экономического союза, существуют особые требования к выбросам для транспортных средств без каталитических нейтрализаторов. Лаборатории, осуществляющие технический осмотр автомобильного транспорта, проверяют только содержание окиси углерода в выхлопе бензиновых автомобилей и уровень дымности выхлопных газов дизельных автомобилей. Другие основные загрязнители, связанные с транспортом, такие как NOx, твердые частицы, углеводороды, не регулируются. Более того, дизельные автомобили вообще не проверяются на конкретные загрязняющие вещества. Важно подчеркнуть, что на долю автомобилей с дизельным двигателем приходится 97% выбросов PM_{2,5} от дорожного транспорта и 90% выбросов NOx в Европе (Harrison 2017).

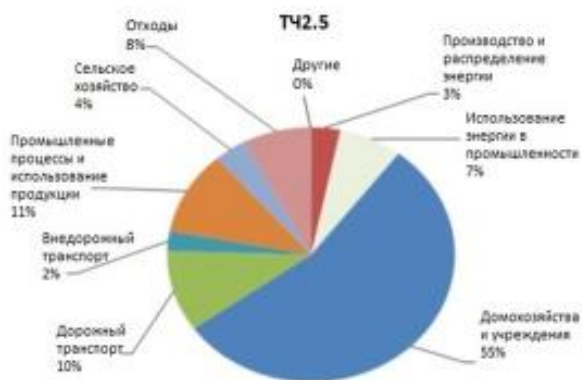
Каталитические нейтрализаторы

- Анализ данных одной из лабораторий в Бишкеке показывает, что 58% из 76 протестированных автомобилей превысили установленные в стране требования по выхлопным газам. Наиболее важным фактором, приводящим к увеличению загрязнения воздуха от транспортных средств является отсутствие каталитических нейтрализаторов, поскольку все 36 транспортных средств без преобразователей не соответствовали установленным показателям. При этом, отсутствие преобразователей повлияло на автомобили с бензиновым двигателем гораздо сильнее (3,76 для автомобилей без преобразователей и 0,48 для автомобилей с преобразователями), чем на автомобили с дизельным двигателем (5,16 и 1,92 соответственно).
- Местный эксперт в области технического осмотра автомобилей в Бишкеке, опрошенный во время нашей полевой работы, оценил, что по крайней мере 30% бензиновых автомобилей в стране не имеют каталитических нейтрализаторов. Для автомобилей с дизельным двигателем этот показатель составляет не менее 60%, поскольку некоторые категории автомобилей не оснащены каталитическими преобразователями от производителей (например, грузовики Камаз) или имеют преднамеренно демонтированные преобразователи (например, микроавтобусы Mercedes). В опросе, проведенном студентами АУЦА, 63 из 100 водителей транспортных средств (в основном опрошены водители легковых автомобилей) подтвердили наличие каталитического нейтрализатора. Также стоит упомянуть, что одно из международных исследований показало, что каталитические нейтрализаторы снижают количество частиц, выбрасываемых бензиновыми автомобилями, на 65% (Whelan 2013).

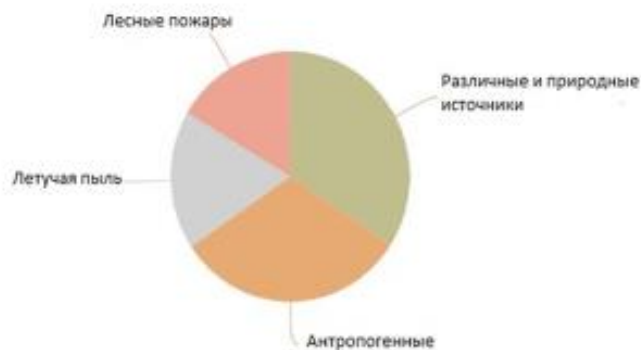
Ключевые выводы

- Анализ явлений экстремального загрязнения в Бишкеке за наблюдаемый период показал, что влияние климатических условий на уровень загрязнения воздуха в Бишкеке имеет решающее значение. Всем 49 рассматриваемым зимним случаям аномально высокой концентрации PM_{2,5}, зарегистрированным датчиком посольства США с февраля 2019 года, незадолго до этого произошли события температурной инверсии в Бишкеке.
- Типичный зимний смог в Бишкеке является результатом накопления загрязнения в приземном воздухе в течение нескольких дней холодной и пасмурной погоды, принесенной в наш регион сильным сибирским антициклоном - крупнейшим антициклоном в северном полушарии.
- Другой вывод заключается в том, что до этих явлений экстремального загрязнения также наблюдались случаи снегопада / дождя / тумана. Интересно, что перед самой «грязной» неделей за всю историю наблюдений в первой декаде января 2021 года не было снега или дождя, но были задокументированы многочисленные случаи появления тумана в начале января. Мы также заметили, что начало января 2021 года было периодом высокого атмосферного давления, что свидетельствует о наличии сильного антициклона.
- Точная количественная оценка загрязнения ТЧ - очень сложное и дорогостоящее занятие. Более того, даже после тщательного исследования уровень неопределенности все еще может быть очень высоким. Например, в одном британском исследовании сообщается, что неопределенность расчетов выбросов PM_{2,5} составляет около 50% (AQEG 2012). Поэтому имеет смысл взглянуть на результаты инвентаризации ТЧ в других странах, чтобы лучше понять общую ситуацию с источниками загрязнения воздуха в Бишкеке.

Выбросы PM_{2,5} в ЕС: доли по отраслевым группам (source: EEA 2021)



Относительные выбросы PM_{2,5} в США (source: US EPA 2018b)



Основные источники зимнего загрязнения воздуха в Бишкеке

Как видно из приведенного выше рисунка, домашние хозяйства вносят наибольший вклад в общие выбросы PM_{2,5} в Европе. Принимая во внимание, что зимние температуры в Бишкеке значительно ниже, и что домохозяйства сжигают намного больше угля, чем в Европе, и что энергоэффективность местных печей довольно низкая, мы можем обоснованно предположить, что в Бишкеке вклад домохозяйств может быть намного большим, чем в Европе. Основываясь на инвентаризации источников загрязнения воздуха в других странах и приблизительной количественной оценке основных источников PM_{2,5} в Бишкеке, мы пришли к следующим выводам:

- Источником, вносящим наибольший вклад в антропогенное загрязнение PM_{2,5} в Бишкеке в течение среднего отопительного сезона, является «Домашние хозяйства и другие здания, не подключенные к ТЭЦ»;
- Следующим по важности источником является ТЭЦ. Однако сложно оценить, насколько ТЭЦ способствует повышению уровней PM_{2,5} в Бишкеке без подробной информации об эффективности системы контроля выбросов, установленной на станции;
- Третьим по значимости источником зимнего загрязнения воздуха PM_{2,5} является автомобильный транспорт.

Основные рекомендации

- Мы не можем контролировать нашу топографию или погодные условия. Частые температурные инверсии и связанный с ними смог - наша неприятная реальность.
- Но мы можем контролировать, что и сколько мы выбрасываем в воздух во время этих зимних инверсий. Если мы сократим наши выбросы, зимний смог в Бишкеке станет менее интенсивным, а среднее качество воздуха улучшится.
- Первая и самая срочная мера - проинформировать всех жителей о проблемах, связанных с загрязнением воздуха в Бишкеке. Очень необходимо более активное вовлечение самих жителей частных домов.
- Такие меры, как энергоэффективные системы отопления в домах, теплоизоляция домов и зданий, должны надлежащим образом планироваться, продвигаться и поддерживаться на всех уровнях.
- По возможности следует прекратить и / или сократить потребление угля. В Бишкеке и других городах следует ввести более строгую политику сжигания использованных шин, сельскохозяйственных отходов, листьев, промышленного мусора и других материалов, способствующих загрязнению воздуха.

Основные исследовательские пробелы

- ❖ Необходимо провести более глубокий и детальный анализ данных от недавно установленных 50 датчиков в сотрудничестве со всеми соответствующими сторонами.
- ❖ Необходимо провести более подробную количественную оценку основных источников загрязнения воздуха в Бишкеке и других регионах страны.
- ❖ Профили выбросов местных разновидностей угля должны быть детально изучены, чтобы понять, какой вид угля является наименее «грязным».
- ❖ Ключевые характеристики потребления угля и другого топлива для отопления ТЭЦ и частными домохозяйствами нуждаются в более тщательном изучении.
- ❖ Необходимо провести подробный анализ зимних метеорологических условий в различных частях города.
- ❖ Необходимо проанализировать и обобщить передовой международный опыт других городов с аналогичными проблемами зимнего смога для информирования общественности и лиц принимающих решения.
- ❖ Необходимо установить надежные датчики вокруг городской свалки.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!
Email: sultanaliev_k@auca.kg

