

## Метановый отпечаток городской свалки. Данные со спутника

**Бишкекский городской свалочный полигон** (БГСП или свалка) был открыт в 1978 году (фактически работает с 1972 г.), тогда он был рассчитан на отходы 400 тысяч человек. На данный момент в столице по неофициальным данным проживают около 1.2 млн человек и свалка разрослась до более 46 гектаров<sup>1</sup>.

Это единственное в настоящее время место для захоронения отходов. Он размещен в 10 км от города, принимает отходы от города и новостроек (рисунок 1). Фактический срок эксплуатации свалки, превысил нормативный срок её использования более чем на 10 лет. На сегодняшний день на свалке за складировано более 24 млн.куб.м, хотя проектом предполагалось захоронение 3,3 млн.куб м. твердых бытовых отходов.



Рисунок 1. Расположение Бишкекского городского свалочного полигона, данные 2014 г.<sup>2</sup>

Свалка расположена в районе с высоким уровнем стояния грунтовых вод, имеет место фильтрация загрязненных сточных вод от свалки в подземные водные горизонты.

<sup>1</sup>

<https://economist.kg/novosti/vlast/2022/11/11/pochemu-musornyj-poligon-v-bishkeke-vse-eshhe-gorit-i-kuda-potratili-dengi-na-ego-likvidaciju/>

<sup>2</sup> World's Fifty biggest dumpsites, Waste Atlas 2014,

<https://d-waste.com/Atlasreport2014/Waste-Atlas-report-2014-webEdition.pdf>

Ветровыми потоками мусор разносится по окрестностям, загрязняя почвенный слой и поверхностные водотоки. Происходит загрязнение и интоксикация атмосферного воздуха продуктами тления, горения, гниения и разложения отходов<sup>3</sup>.

Одним из загрязняющих продуктов свалки является свалочный газ, который состоит, в основном, из метана (CH<sub>4</sub>) на 50-70% и диоксида углерода (углекислый газ, CO<sub>2</sub>) и небольшого количества безметановых органических соединений<sup>4</sup>. Свалки являются третьим по величине антропогенным источником метана на планете, выделяя около 11% общемирового количества метановых выбросов<sup>5</sup>.

**Метан** является парниковым газом, это вторая по значимости причина глобального потепления после углекислого газа. Он в 20 - 25 раз эффективнее удерживает тепло в атмосфере Земли, чем CO<sub>2</sub>. Хотя это относительно недолговечный газ, его присутствие в атмосфере составляет примерно 10±2 лет. Сокращение его присутствия в атмосфере было бы особенно эффективным в плане предотвращения глобального потепления в ближайшие годы (т.е. в последующие 25 лет)<sup>6,7</sup>.

За последние два столетия концентрация метана в атмосфере возросла более чем в два раза. Долгое время она была на уровне около 750 млрд<sup>-1</sup> и начала быстро расти после 1700-1750 гг., достигнув в 2000 г. значения около 1750 млрд<sup>-1</sup>, а в 2022 г. – по некоторым данным уже 1900 млрд<sup>-1</sup> (в среднем по земному шару)<sup>8</sup>. Объем мировых выбросов метана к 2020 году оценивается на уровне 9390 миллионов метрических тонн эквивалента двуокиси углерода (млн тонн CO<sub>2</sub>E), причем около 60 процентов всех выбросов метана происходило из антропогенных источников (в результате деятельности человека), в том числе и свалок<sup>9</sup>.

Помимо косвенного воздействия на климат, выбросы метана отрицательно сказываются на качестве воздуха, участвуют в образовании СМОГа. Метан соединяется с оксидами азота, образуя озоновое загрязнение и соответственно СМОГ. Такое загрязнение сильно ухудшает здоровье людей: поражаются органы дыхания (обостряются респираторные заболевания, такие как астма и хронический бронхит), могут быть затронуты - сердечно-сосудистая, репродуктивная и нервная системы, а при длительном воздействии увеличивается вероятность ранней смерти<sup>10</sup>.

**Возможное загрязнение метаном от Бишкекского городского свалочного полигона.** К сожалению, каких-либо обобщенных данных по загрязнению воздуха метаном над свалкой нет, так как обобщенных измерений не производилось. Можно

---

<sup>3</sup> Экологический обзор Кыргызской Республики. ГАООСИЛХ КР, 2009.

[http://aarhus.kg/wp-content/uploads/2017/01/Ecoobzor\\_2009.pdf](http://aarhus.kg/wp-content/uploads/2017/01/Ecoobzor_2009.pdf)

<sup>4</sup> Что такое биогаз и биомасса?: <http://www.caresd.net/img/docs/3517.doc>

<sup>5</sup> Управление по охране окружающей среды США (U.S.EPA), 2011 г. ПРОЕКТ: Глобальные антропогенные выбросы парниковых газов (кроме CO<sub>2</sub>): 1990–2030 (отчет EPA 430-D-11-003), [www.epa.gov/climatechange/economics/international.html](http://www.epa.gov/climatechange/economics/international.html).

<sup>6</sup> <https://www.iea.org/articles/global-methane-emissions-from-oil-and-gas>

<sup>7</sup> <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/methane>

<sup>8</sup> Laboratory, US Department of Commerce, NOAA, Earth System Research (November 7, 2022). "Globally averaged marine surface annual mean data".

[https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.4d0c15fb-64615bb2-6c05db71-74722d776562/https/gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/ch4/ch4\\_annmean\\_gl.txt](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4d0c15fb-64615bb2-6c05db71-74722d776562/https/gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/ch4/ch4_annmean_gl.txt)

<sup>9</sup> Управление по охране окружающей среды США (U.S. EPA), «Глобальные антропогенные выбросы парниковых газов (кроме CO<sub>2</sub>): отчет за 1990–2030 гг.» [www.epa.gov/climatechange/Downloads/EPAactivities/EPA\\_Global\\_NonCO2\\_Projections\\_Dec2012.pdf](http://www.epa.gov/climatechange/Downloads/EPAactivities/EPA_Global_NonCO2_Projections_Dec2012.pdf).

<sup>10</sup> <https://theconversation.com/methane-is-a-potent-pollutant-lets-keep-it-out-of-the-atmosphere-103055>

получить такие данные косвенным путем используя, например, спутниковую информацию.

Использование спутников, является одним из самых последних и многообещающих достижений в понимании уровня выбросов метана во всем мире. Различные спутники, действующие сегодня, могут предоставить оценки концентрации метана в атмосфере в разных географических районах<sup>11</sup>. Особенно это актуально в тех районах, где наблюдения не ведутся или ведутся не постоянно, как в случае БГСП<sup>12</sup>.

*Цель работы - попытаться определить количество метана, который выделяет БГСП используя спутниковые данные.*

Данные - карты для исследования загрязнения воздуха над свалкой Бишкека взяты со спутника Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P) - это космический спутник, запущенный в 2017 году Европейским космическим агентством (ESA) с целью ежедневного глобального наблюдения за химическим составом атмосферы Земли, содержанием и распространением в ней основных загрязнителей и парниковых газов. Основная полезная нагрузка спутника — сенсор TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument), выполняющий сбор данных.

Измеряется содержание метана обычно в частях на миллион или миллиард (ppm и ppb соответственно). По данным Sentinel-5P можно исследовать содержание метана в ppb (или млрд<sup>-1</sup>) сухого воздуха. Однако облачность очень сильно влияет на определение концентрации этого газа, поэтому оно возможно только в абсолютно безоблачную погоду. Временное разрешение сенсора составляет 1 день при глобальном охвате. Из-за сильного влияния облачности на измерение содержания метана картографировать его концентрацию целесообразно с осреднением за длительный период времени (месяц, сезон, год)<sup>13</sup>.

Рассматривать загрязнение метаном будем в радиусе 4-5 км от свалки (чтоб учесть влияние атмосферных условий (например, ветра и др.) на распространение загрязнения) и непосредственно на самой свалке, указывая самую наибольшую и наименьшую величину загрязнения метаном, которая наблюдалась на этой территории.

На рисунке 2 приведен образец интерактивной карты с данными по концентрации метана в районе БГСП. Видно, что в районе свалки - наблюдается увеличение концентрации Метана.

---

<sup>11</sup> <https://www.iea.org/articles/global-methane-emissions-from-oil-and-gas>

<sup>12</sup> [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-10/kachestvo\\_vozdukha\\_v\\_bishkeke\\_ru\\_1.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-10/kachestvo_vozdukha_v_bishkeke_ru_1.pdf) - Качество воздуха в Бишкеке: Оценка источников выбросов и дорожная карта для содействия управлению качеством воздуха.

<sup>13</sup> <https://innoter.com/articles/issledovanie-zagryazneniya-atmosfery-po-kosmicheskim-snimkam-sentinel-5p/>

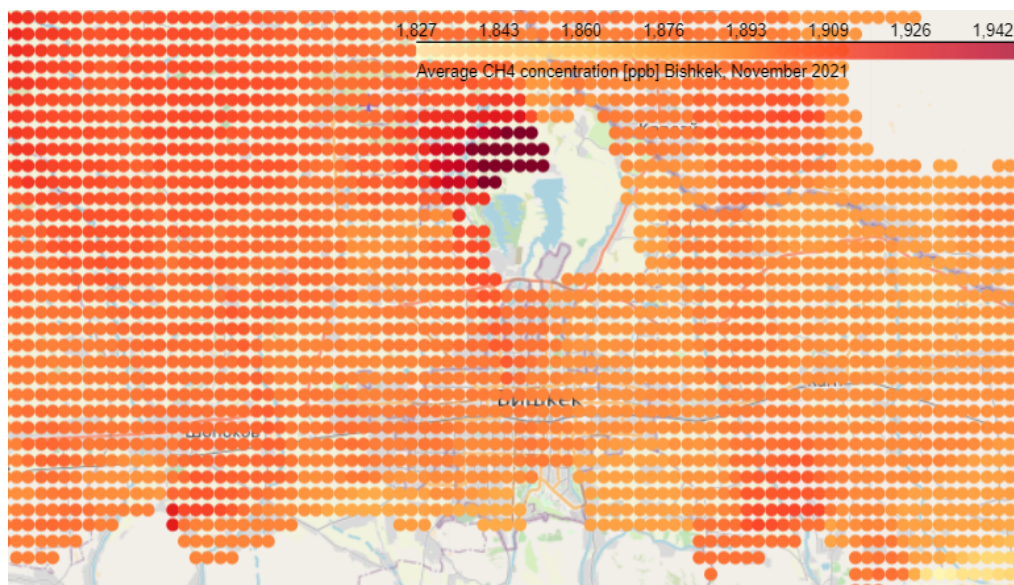


Рисунок 2. Средние значения метана за ноябрь 2021 г. в Бишкеке, полученные со спутника Sentinel-5P, сенсор TROPOMI, ppb или млрд<sup>-1</sup>

С учетом этих условий получены карты загрязнения метаном в среднем за каждый месяц года за четыре года с 2019 г. по 2022 г. Также использованы месячные данные осредненные за эти четыре года. Несмотря на некоторые пробелы в данных получены первые интересные результаты.

На рисунке 3 приведен годовой ход концентрации метана осредненный за 4 года (2019 – 2022 гг.), как непосредственно в зоне самой свалки, так и в радиусе 4-5 км от нее.

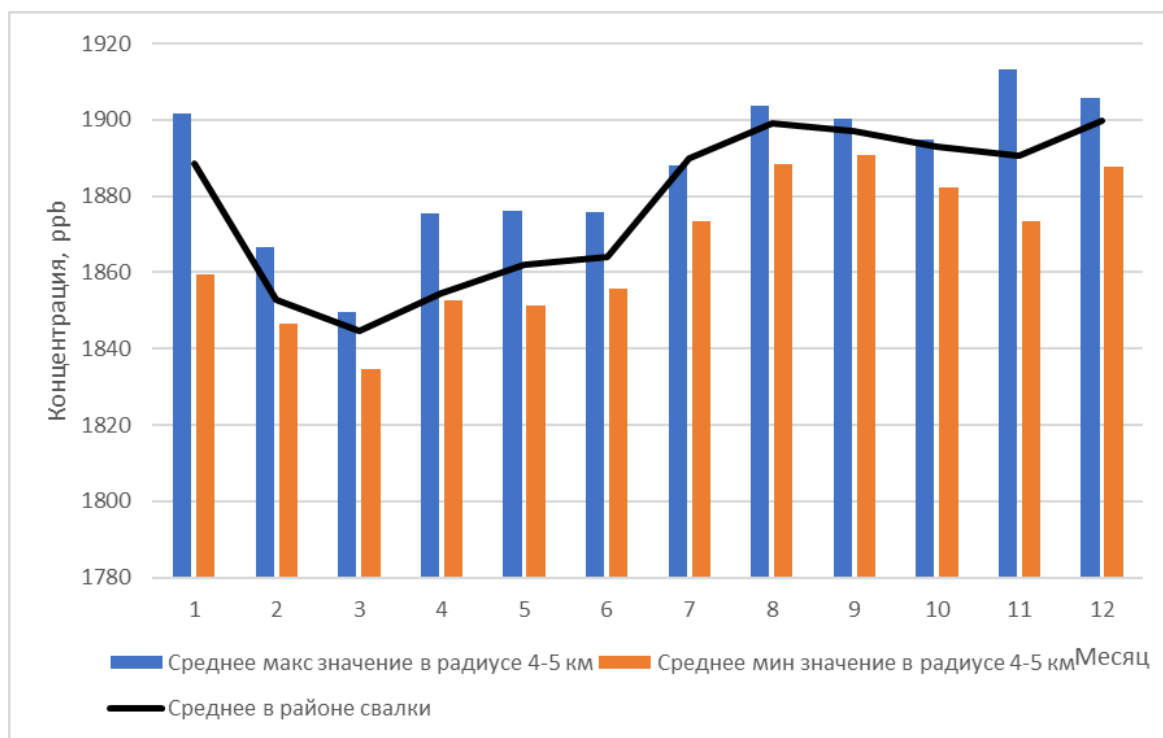


Рисунок 3. Годовой ход концентрации метана осредненный за 4 года (2019 – 2022 гг.), в зоне свалки, и в радиусе 4-5 км от нее, ppb или млрд<sup>-1</sup>



В районе непосредственно *над свалкой* выбросы метана распределяются неравномерно в течение года. Наибольшие средние значения наблюдаются в период с июля по январь, находятся в пределах от 1889 до 1900 млрд<sup>-1</sup>. Самые максимальные значения фиксируются в августе и декабре. Наименьшие средние значения отмечаются с февраля по июнь и находятся в пределах от 1845 до 1864 млрд<sup>-1</sup>, самое минимальное значение приходится на март.

В *радиусе 4-5 км* от свалки тенденция распределения концентрации метана сохраняется. Наибольшая концентрация из максимальных средних значений наблюдаются в период с августа по январь и находятся в пределах от 1900 до 1913 млрд<sup>-1</sup> с максимумом в ноябре. Наименьшие из максимальных средних значений отмечаются так же, как и на самой свалке в марте – 1850 млрд<sup>-1</sup>.

Наибольшая концентрация метана из минимальных средних значений наблюдаются в период с августа по октябрь и в декабре, находится в пределах от 1882 до 1891 млрд<sup>-1</sup> с максимумом в сентябре. Наименьшие из минимальных средних значений наблюдается с февраля по июль (1835 – 1853 млрд<sup>-1</sup>) с минимумом в марте – 1835 млрд<sup>-1</sup>.

Концентрация метана в атмосфере над районом свалки от года к году может меняться, но в целом повторяя годовой ход с максимальными значениями с августа по январь и минимумом в марте. Распределение концентрации метана в атмосфере по годам приведено на рисунке 4.

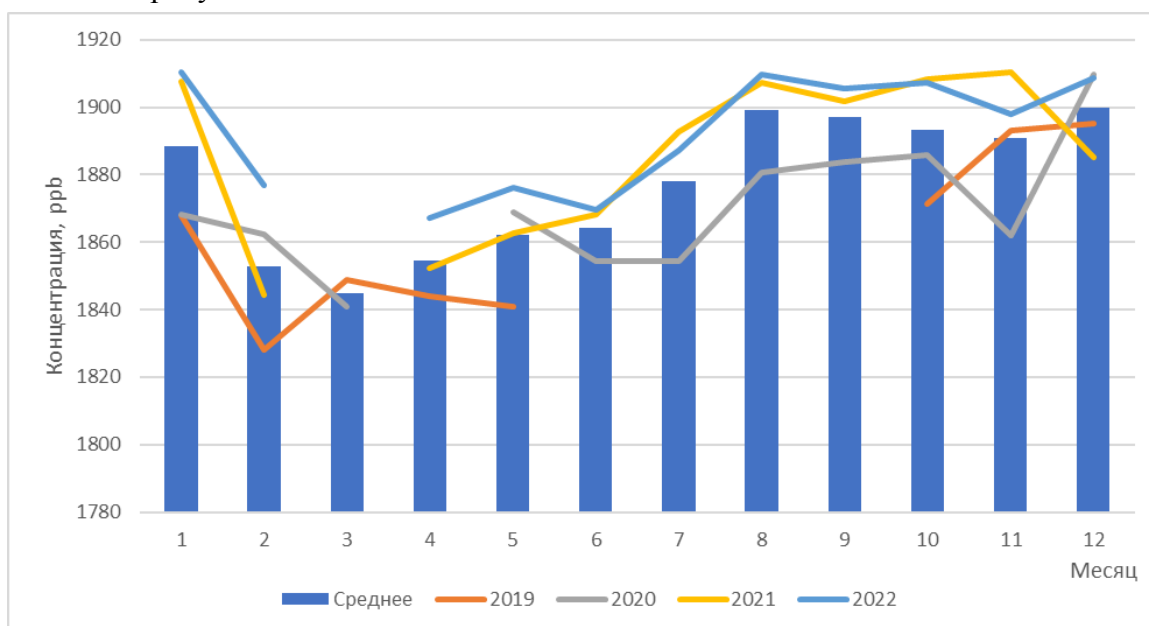


Рисунок 4. Годовой ход концентрации метана в отдельные годы над районом свалки, ppb или млрд<sup>-1</sup>.

Видно, что наибольшие выбросы метана пришлись на 2021 и 2022 года, средняя за год концентрация метана составила соответственно 1886 и 1892 млрд<sup>-1</sup>. В это время максимальные значения не опускались ниже 1900 млрд<sup>-1</sup>, а минимальные - ниже 1845 млрд<sup>-1</sup> (к сожалению, данные для марта отсутствуют). Загрязнение метаном в 2020 г. в целом было ниже (средняя за год концентрация 1870 млрд<sup>-1</sup>), хотя максимальные значения так же достигали 1900 млрд<sup>-1</sup> (декабрь), но минимальные опускались до 1840 млрд<sup>-1</sup> (март). Данные за 2019 г. есть не за каждый месяц года.

Вероятнее всего, такое годовое распределение выбросов метана над свалкой можно объяснить постоянством процессов, происходящих в теле свалки, а некоторую разницу - факторами влияющими на них (объем свалки, температура воздуха, количество осадков и др).

Вне района свалки (на расстоянии 15 км от свалки) и вдали от районов, где есть деятельность, связанная с выбросами метана (например, сельскохозяйственная деятельность), уровень метана в атмосфере по данным спутника (в среднем за 2019-2022 гг.) ниже и составляет 1826 - 1871 млрд<sup>-1</sup> в зависимости от месяца года. На рисунке 5 приведен годовой ход распределения концентрации метана в среднем за 4 года над районом свалки и в радиусе 15 км (вдали от возможных источников выбросов метана). Можно предположить, что разница в концентрации метана и есть вклад, который дает свалка.

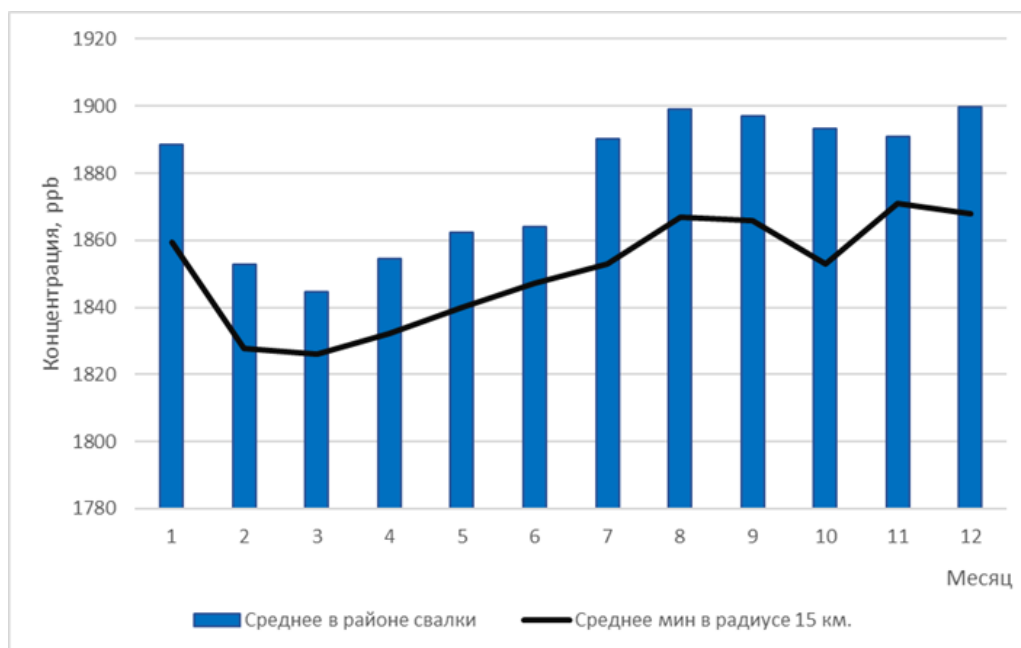


Рисунок 5. Годовой ход концентрации метана осредненный за 4 года (2019 – 2022 гг.), в зоне свалки, и в радиусе 15 км от нее, ppb или млрд<sup>-1</sup>

Видно (рисунок 5), что в целом годовой ход концентраций идентичен на и вне свалки. Наибольшая разница (метановый вклад свалки) наблюдается в теплый период года с июля по октябрь и в декабре-январе, составляет 29 – 40 млрд<sup>-1</sup>, в остальные месяцы – в ноябре и с февраля по март (минимум), равна 17 - 25 млрд<sup>-1</sup>. Суммарно за год вклад свалки составил в среднем за 4 года (2019 – 2022 гг.) 326 млрд<sup>-1</sup>. Это важно, так как свалка дает выбросы метана, которые «замечает» спутник, т.е. они достаточно «велики».

Можно также предположить, что у земной поверхности концентрация метана высока, настолько, что будет влиять на здоровье людей (влияние метана на здоровье рассмотрено выше), как работающих на свалке, так и проживающих в жилых массивах рядом с БГСП и окружающих его.

Таким образом, впервые получены полные систематические данные по концентрации метана над районом свалки и в радиусе 4-5 км от нее. Имеющиеся данные (за каждый месяц года с 2019 по 2022 гг.) по концентрации метана от БГСП показывают:

- свалка вносит вклад в загрязнение атмосферы метаном, разница в количестве метана над свалкой и вне района свалки составляет в среднем от 17 до 40 млрд<sup>-1</sup> в месяц, а за год это 326 млрд<sup>-1</sup>;
- повышенный уровень концентрации метана до 1913 млрд<sup>-1</sup> наблюдается и в радиусе 4-5 км от свалки, это связано с влиянием атмосферных условий (например, ветра и др.) на распространение загрязнения;
- от года к году концентрация метана в атмосфере от свалки увеличивается, в среднем за исследованные годы на 10 млрд<sup>-1</sup>;
- распределение выбросов метана в атмосферу имеет определенный годовой ход, который можно объяснить постоянством процессов, происходящих теле свалки;
- некоторое изменение концентрации метана над свалкой и в радиусе 4-5 км от года к году можно объяснить изменением факторов, влияющих на нее (объем свалки, температура воздуха и тела свалки, количество осадков и др.);
- можно предполагать, что у земной поверхности концентрация метана высока, настолько, что будет влиять на здоровье людей, как работающих на свалке, так и проживающих в жилых массивах рядом с БГСП и окружающих его.