

С. В. Михайлюта^{1✉}, А. А. Леженин², Г. Г. Дульцева³

Загрязнение атмосферного воздуха г. Красноярска за последние 40 лет (с 1988 по 2025 гг.) по показателю ИЗА₅

¹Ассоциация Экологических Расследований, г. Красноярск, Российская Федерация,

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

³Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: mikhailuta@gmail.com

Аннотация. Выполнен анализ многолетней динамики индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₅) в г. Красноярске за период 1988–2025 гг. на основе официальных данных государственных докладов. Показано, что максимальное значение ИЗА₅ (≈65) наблюдалось в 1991 г., что соответствует «опасному уровню». После спада в 1990-е годы, связанного с сокращением производства, с 2000 г. индекс стабилизировался на уровне «очень высокого» загрязнения (>14). В 2024 г. ИЗА₅ превысил 22, вернувшись к значениям 1997 г. Установлено, что 45% индекса формируется бенз(а)пиреном, 32% – формальдегидом. Выявлено несоответствие между составом реальных выбросов (более 28 канцерогенов суммарной массой >5,2 тыс. т/год) и перечнем веществ, измеряемых на стационарных постах (6 канцерогенов, 42 т/год). Сделан вывод о необходимости расширения системы мониторинга, учёта вторичных загрязнителей и закрепления в законодательстве целевых индикаторов качества воздуха.

Ключевые слова: индекс загрязнения атмосферы ИЗА₅, мониторинг качества воздуха, Красноярск, бенз(а)пирен, формальдегид

S. V. Mikhailuta^{1✉}, A. A. Lezhenin², G. G. Dultseva³

Urban air pollution in Krasnoyarsk over 40 years (1988–2025): trends in the API5 index

¹Ecological Research and Investigation Association, Krasnoyarsk, Russian Federation

²The Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation

³V. V. Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: mikhailuta@gmail.com

Abstract. The long-term dynamics of the Air Pollution Index (API5) in Krasnoyarsk for the period 1988–2025 was analyzed using official data from state environmental reports. The maximum API5 value (≈65) was observed in 1991, corresponding to a “hazardous” pollution level. After a decline in the 1990s due to reduced industrial output, the index stabilized after 2000 at a “very high” pollution level (>14). In 2024, API5 exceeded 22, returning to values recorded in 1997. Benz(a)pyrene accounts for 45% of the index, and formaldehyde for 32%. A significant discrepancy was found between the actual emissions (over 28 carcinogens with a total mass >5,200 tons/year) and the substances measured at fixed monitoring stations (6 carcinogens, 42 tons/year). The study concludes that the monitoring system must be expanded to include a broader range of pollutants and secondary contaminants, and that legally binding air quality targets are needed.

Keywords: urban air pollution, Air Pollution Index API5, air quality monitoring, Krasnoyarsk, benzo(a)pyrene, formaldehyde

Введение

Степень загрязнения атмосферного воздуха в городе зависит от содержания в нем вредных веществ в количествах опасных для здоровья. При этом с выбросами промышленных предприятий и иных источников каждую секунду в воздух поступают сотни загрязняющих веществ (ЗВ). Так, например, в сводных томах предельно допустимых выбросов для г. Красноярска [1] учтено около 240 поллютантов [2] (рис.1).

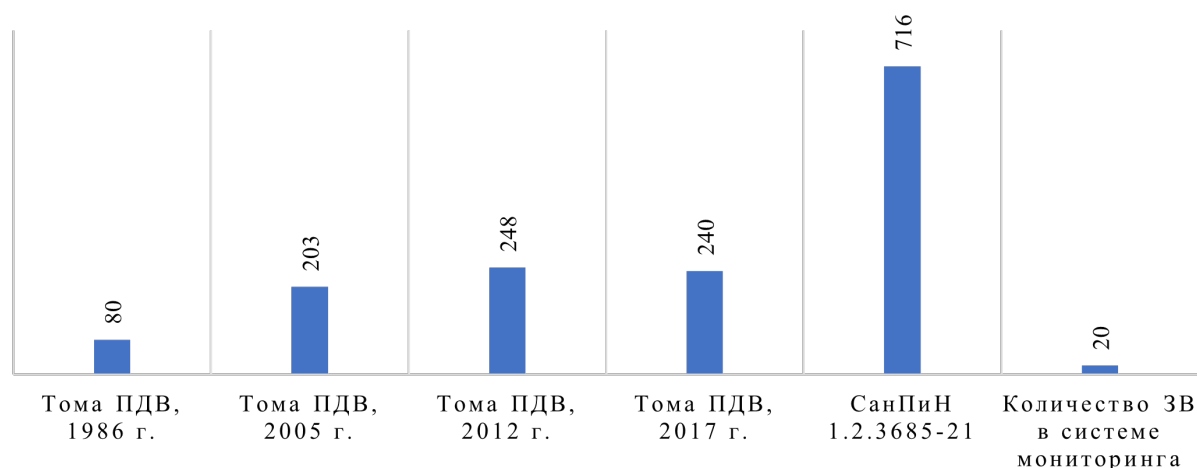


Рис. 1. Количество ЗВ, учтенных при разработке сводных нормативов ПДВ в г. Красноярске, в сравнении с общим количеством опасных для здоровья веществ [3] и числом ЗВ, измеряемых на сетях мониторинга

Можно видеть (рис.1), что при разработке нормативов выбросов учтено только около 1/3 от общего числа вредных веществ, для которых установлены ПДК [3], а в системе регулярных государственных наблюдений Росгидромета – только 8% от количества веществ, официально зарегистрированных в выбросах промышленных предприятий и иных источников в г. Красноярске [4]. При этом по результатам регулярных наблюдений на стационарных постах мониторинга за концентрациями вредных веществ в воздухе в г.Красноярске ежегодно формируется и издается государственный доклад [5], содержащий характеристику качества воздуха [6] по пяти веществам с наибольшими средними за год концентрациями.

Целью данной работы является анализ индекса загрязнения атмосферы в г. Красноярске с 1988 по 2025 гг.

Методы и материалы

Для оценки характеристик качества воздуха в городах России принято использовать так называемый индекс загрязнения атмосферы (ИЗА₅) [6]. ИЗА₅ — это показатель, который дает обобщенную характеристику загрязнения воздуха

в городе за длительный период, обычно за год, и учитывает концентрации пяти наиболее значимых загрязняющих веществ, которые вносят наибольший вклад в загрязнение воздуха в конкретном городе или регионе. Его расчет [6] учитывает превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для учитываемых веществ и их класс опасности:

$$I(n) = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{\text{ср}i}}{\text{ПДК}_{\text{с.г.}i}} \right)^{c_i}, \quad (1)$$

где $q_{\text{ср}i}$ – средняя за год концентрация ЗВ, $\text{ПДК}_{\text{с.г.}i}$ – годовой стандарт качества [3], c_i – показатель степени для загрязняющих веществ, равный 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1, 2, 3 и 4-го классов опасности.

С использованием официальной информации, опубликованной в государственных докладах [5] с 1988 по 2025 гг. выполнена оценка изменения индекса загрязнения атмосферы ИЗА₅ в г. Красноярске за последние 40 лет.

Результаты

На рис.2 представлена динамика индекса загрязнения атмосферы в г.Красноярске с 1988 года.

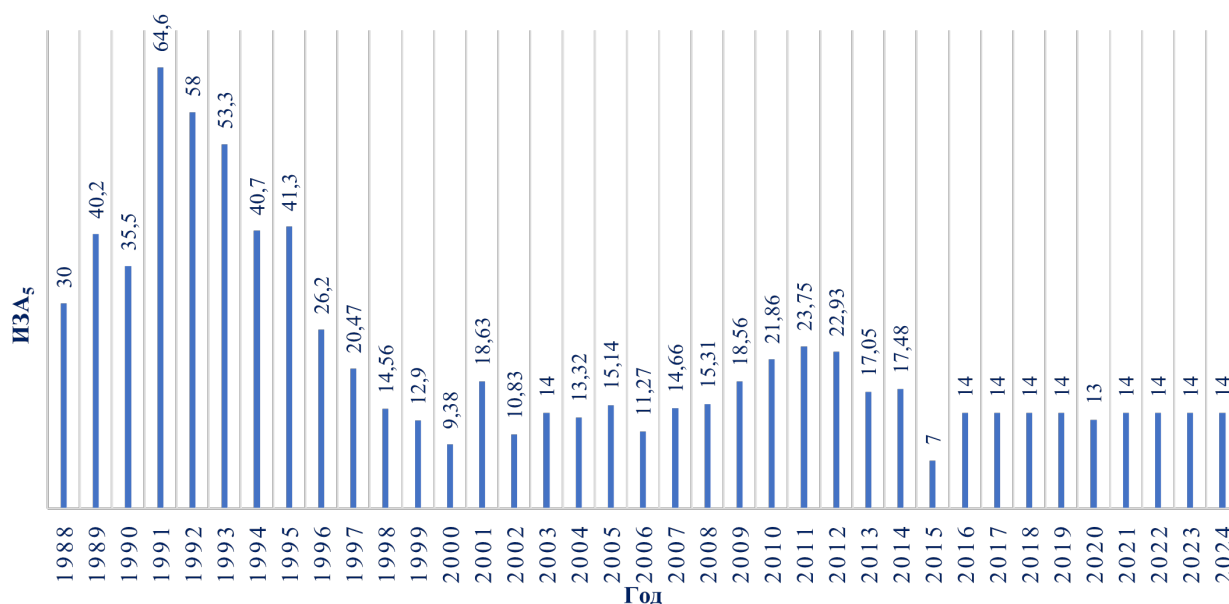


Рис. 2. Изменение значений ИЗА₅ в г. Красноярске, 1988–2024 гг.

Анализ рисунка показывает, что что максимального значения (≈ 65) ИЗА₅ в г. Красноярске достигал в 1991 году. Значение индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₅), превышающее 14, относится к уровню «очень высокий» и неблагоприятный для здоровья. Это состояние также классифицируется как «опасный уровень» [6]. Дальнейшее снижение индекса загрязнения, вероятно, связано с сокращением объёмов производства. С 2000 года происходит рост и стагнация значений ИЗА₅. При этом с 2016 года в государственных докладах прекращена

публикация абсолютных значений индекса, с единственным указанием, что он больше 14. С 2019 года в городах России и в г. Красноярске начал реализовываться федеральный проект “Чистый воздух”, имеющий цель снижения нагрузки со стороны вредных выбросов на атмосферу в городах. В результате, согласно докладу [5, стр. 33–34], в состав ИЗА₅ в г. Красноярске входят бенз(а)пирен, формальдегид, стирол, гидрохлорид и взвешенные вещества. При этом среднегодовая концентрация для бенз(а)пирена (1-й класс опасности (КО)) составила 4,6 ПДК_{с.г.}, для формальдегида (2КО) – 4,5 ПДК_{с.г.}, для стирола (2КО) – 1,9 ПДК_{с.г.}, для гидрохлорида (2КО) – 1,6 ПДК_{с.г.}, и для взвешенных веществ (3КО) – 1,2 ПДК_{с.г.}. По абсолютному значению, согласно соотношению (1), значение ИЗА₅ в г. Красноярске в 2024 году составило >22.

Таким образом, к 2025 году состояние и загрязнение атмосферного воздуха в г. Красноярске находится на уровне 1997 года. При этом 45% значения индекса ИЗА₅ приходится на бенз(а)пирен, 32% – на формальдегид, стирол – 9%, гидрохлорид – 8% и взвешенные вещества – 6%.

Как было отмечено выше, в системе наблюдений на государственных стационарных постах мониторинга Росгидромета в г. Красноярске используется далеко не полный перечень показателей (ЗВ) для измерений их содержания в воздухе. Например, согласно сводным томам ПДВ [1], в атмосферный воздух г. Красноярска ежесекундно поступает более 28 канцерогенных веществ, годовой объём выбросов для которых превышает 5,2 тыс. тонн в год. При этом на постах измеряют концентрации только 6 канцерогенов (свинец, бенз(а)пирен, бензол, стирол, формальдегид и этилбензол), общая масса выбросов которых составляет только 42 т/год. Более 5000 тонн канцерогенов в год бесконтрольно рассеиваются в воздушной среде города.

Учет только пяти загрязняющих веществ для оценки состояния и загрязнения атмосферного воздуха в городах при неполном учете состава выбросов и не согласованной с этим составом системе мониторинга создает опасные условия для здоровья населения и препятствует достижению целевых показателей для уменьшения вредных воздействий.

Неполный учет карбонильных соединений и ПАУ, а также металлов, включая шестивалентный хром, при отборе и анализе проб атмосферного воздуха на стационарных постах в городах не позволяет достигать адекватности базы данных для фотохимических моделей в задачах описания рассеивания и трансформации загрязняющих веществ в воздухе и, как следствие, препятствует поиску оптимальных управленческих решений для снижения загрязнения воздуха в городах с целью охраны здоровья населения.

Заключение

В процессе переноса и рассеивания примесей в воздушном бассейне города на всем пути от источников до постов мониторинга могут протекать фотохимические трансформации с образованием вторичных загрязняющих веществ в

атмосфере. При этом корректный учет состава выбросов на подконтрольных территориях имеет исключительно важное значение для организации и адекватности наблюдений за состоянием и загрязнением атмосферного воздуха.

При этом до настоящего времени в РФ не установлены целевые индикаторы эффективности государственной экологической политики в области охраны атмосферного воздуха, учитывающие информацию системы мониторинга о качестве воздуха в городах, а это, в свою очередь, требует внесения дополнений в статьи федерального законодательства.

Благодарности

Исследования выполнены по заказу палаты экологических организаций Гражданской ассамблеи Красноярского края, в рамках госзадания ИВМиМГ СО РАН FWNM-2025-0003.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отчет по 2-му этапу государственного контракта №35 от 13.06.2017 года о выполнении «Корректировки сводного тома предельно допустимых выбросов для г. Красноярска», Книга 1. Часть 1. ООО «Институт проектирования, экологии и гигиены», Санкт-Петербург, 2017. – 239 с
2. ГОСТ Р 56828.38-2018. Наилучшие доступные технологии. Окружающая среда. Термины и определения: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 мая 2018 г. № 269-ст. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 36 с.
3. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2 (ред. от 24.12.2025) “Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”
4. <http://krasecology.ru/About/Work> (Дата обращения 18.05.26)
5. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2024 году». – Красноярск, 2025. – 387 с.
6. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию: утвержден Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 01.02.2006. – Москва: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – 60 с.

© С. В. Михайлюта, А. А. Леженин, Г. Г. Дульцева, 2026