

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Динамика загрязнения атмосферного воздуха по данным ПНЗ в Пензе**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента   2   курса   215   группы

направления   05.04.05 Прикладная гидрометеорология  

географического факультета

Юсупова Заура Фяритовича

Научный руководитель,

доцент, к.г.н \_\_\_\_\_

Н.В. Короткова

И.о. Зав.кафедрой,

к.г.н., доцент \_\_\_\_\_

М.Ю.Червяков

Саратов 2026

**Введение.** Состояние воздушной среды является важным элементом городской экосистемы, оказывая большое влияние на все стороны быта и производственной деятельности жителей. Высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов и промышленно развитых центров наносит огромный вред здоровью населения и большой ущерб всем отраслям хозяйств. Защита атмосферы от загрязнения стала одной из наиболее актуальных современных проблем, при решении которой все большая роль отводится метеорологической науке. Влияние метеорологических факторов на формирование уровня загрязнения воздуха городов велико. Оно определяет значительное повышение концентрации примесей в отдельные периоды за счет чрезвычайно неблагоприятных для их рассеивания условий. Метеорологические условия в большинстве случаев определяют суточный ход концентрации примесей с максимумом в одних районах днем, а в других – утром и вечером. В связи с этим мероприятия по снижению выбросов следует планировать на те периоды, в которые наиболее вероятны неблагоприятные погодные условия. Метеорологические условия могут увеличивать или уменьшать среднегодовой уровень загрязнения воздуха почти в 2 раза. Этим они искажают характер его тенденции.

**Основное содержание работы.** Как и природная среда, атмосфера обладает способностью к самоочищению. Вредные вещества, которые поступают в атмосферу от антропогенных источников, оседают на поверхности домов, растений, почвы, вымываются атмосферными осадками и переносятся на значительные расстояния от места выброса. Все эти процессы происходят с помощью ветра и зависят от температуры воздуха, солнечной радиации, атмосферных осадков и других метеорологических факторов. Под влиянием всех этих факторов при постоянных выбросах вредных веществ уровень загрязнения приземного слоя воздуха может меняться в очень широких процессах.

Направление ветра. Прямое влияние на загрязнение воздуха в городе оказывает направление ветра. Существенное увеличение концентрации

примеси наблюдается тогда, когда преобладают ветры со стороны промышленных объектов. Если температура окружающего воздуха понижается с высотой, нагретые струи воздуха поднимаются вверх (конвекция), а взамен их опускаются холодные.

Скорость ветра. Скорость ветра способствует переносу и рассеиванию примесей, так как с увеличением скорости ветра возрастает интенсивность турбулентного перемешивания воздушных слоев. При слабом ветре в районе высоких источников выброса концентрации загрязняющих веществ у земли уменьшаются за счет увеличения подъема факела и уноса примеси вверх. Подъем примеси особенно значителен при нагретых выбросах.

Условия застоя в воздухе. В среднем загрязнение воздуха повышено, когда штиль сопровождается приземной инверсией, т.е. в ситуации застоя воздуха. При застое практически отсутствует перенос воздуха и резко ослаблено его вертикальное перемешивание. Вместе с тем в условиях застоя не всегда отмечается высокий уровень загрязнения воздуха.

Температура воздуха. Прямое и косвенное влияние на содержание примесей в атмосфере оказывает температура воздуха. В зависимости от температуры меняется расход топлива на обогрев помещений, выбросы вредных веществ в атмосферу. В результате зимой при повышении температуры воздуха загрязнение снижается. Зимой идет поток чистого воздуха с окраины в центр.

Осадки, облака, туманы. Осадки вымывают примеси из атмосферы. Восстановление исходного уровня загрязнения воздуха в городе происходит постепенно, примерно в течение 12 часов.

Воздух наиболее чист сразу после выпадения осадков. В первые 12 ч. после их выпадения повторяемость концентрации ниже, чем в последующие часы. Степень очищения воздуха зависит от количества осадков – чем больше их выпадает, тем чище воздух. Это относится к общегородскому загрязнению воздуха, к концентрациям, формирующимся вне прямого воздействия

источников выбросов. При переносе со стороны объектов эффект вымывания примесей из воздуха проявляется в меньшей степени.

При осадках происходит снижение повторяемости с повышением и высоким уровнем загрязнения воздуха.

Однако эффект вымывания примесей более выражен в холодный период, чем в теплый.

Влияние тумана на содержание и распространение примесей в воздухе весьма сложно и разнообразно. Здесь часто наблюдаются различные метеорологические условия, такие как: инверсии, штиль или слабый ветер, которые сами по себе способствуют накоплению примесей в приземном слое, а также происходит поглощение примесей каплями. Эти примеси с каплями остаются в приземном слое воздуха. За счет создания значительных градиентов концентрации (вне капель) происходит перенос примесей из окружающего пространства в область тумана, поэтому суммарная концентрация веществ возрастает.

Значительную опасность представляет расположение над слоем тумана факелов дыма, которые под воздействием эффекта переноса распространяются в приземный слой воздуха.

**Физико-географическая характеристика Пензы.** Пенза — город в центре европейской части России, административный центр Пензенской области. Является городом областного значения, образует муниципальное образование городской округ город Пенза. Население — 488 299 чел. (2024) [9].

Средняя высота над уровнем моря составляет 174 м. Наивысшая точка (280 м над уровнем моря) находится на холме Боевая гора, вытянутом с ЮЗ на СВ наподобие гряды. Самая низкая — 134 м.

Климат Пензы умеренно континентальный. Зима в Пензе умеренно холодная и длительная, длится с начала ноября по конец марта, самый холодный месяц — февраль со средней температурой  $-9,1$  °С. Лето тёплое, длится с конца мая по начало сентября, средняя температура июля  $20,4$  °С.

Среднегодовая температура 5,5 °С. Климат Пензы близок к московскому, но континентальность выше, а осадков выпадает меньше.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на четырех стационарных постах государственной наблюдательной сети (ГНС). Посты условно подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (посты 1 и 8), «промышленные», вблизи предприятий (пост 7) и «авто», вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением автотранспорта (пост 3). Это деление условно, т.к. строительство города и размещение предприятий не позволяет сделать четкого разделения районов. Посты располагаются по следующим адресам: - ПНЗ № 1 – улица Центральная, 14 а, - ПНЗ № 3 - пересечение улиц Долгова и Чехова, - ПНЗ № 7 – пересечение улиц Беяева и Кирпичная, - ПНЗ № 8 – проспект Строителей, 37 а [6].

ПДК – это предельно допустимая концентрация примеси в атмосферном воздухе, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека и его потомства не оказывает и не окажет прямого или косвенного влияния на его и окружающую среду в целом.

Существуют значения ПДК – максимально разовые, среднесуточные и среднегодовые ПДК:

- максимальная разовая ПДК (ПДК м.р.) – это максимальная 20-ти минутная концентрация примеси, при воздействии которой не возникают рефлекторные реакции у человека (задержка дыхания, раздражение слизистой оболочки глаз, верхних дыхательных путей и др.);

- среднесуточная ПДК (ПДК с.с) – средняя за сутки концентрация примеси, при воздействии которой не развиваются общетоксичные, мутагенные, канцерогенные эффекты при неограниченно длительном дыхании.

## Динамика загрязнения атмосферного воздуха за период с 2021 по 2025 гг.

На рисунке 1 приведен график годового хода среднемесячных концентраций пыли в Пензе за исследуемый период. Из рисунка видно, что концентрация пыли увеличивается в летне-осенний период, когда преобладала сухая, ветреная погода с высоким температурным режимом. В холодный период года концентрации пыли были близки к нулю. Наибольшая концентрация пыли отмечалась в июле 2021 года и составила  $0,1182 \text{ мг/м}^3$  при  $\text{ПДК}_{\text{с.г.}} = 0,075 \text{ мг/м}^3$ .

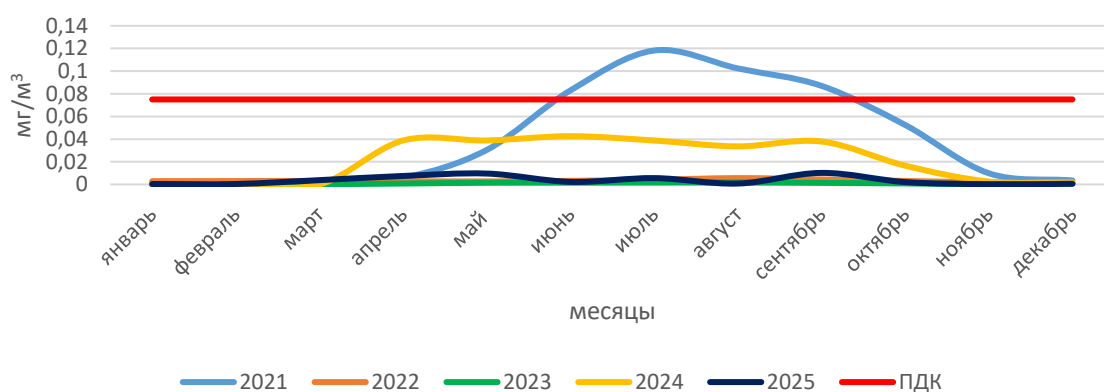


Рисунок 1 - Годовой ход среднемесячных концентраций пыли в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 2 приведен график годового хода среднемесячных концентраций диоксида серы в Пензе за исследуемый период. Из рисунка видно, что концентрация диоксида серы практически не меняется в течение года, исключение составляет 2023 год, когда с января по июль наблюдались незначительное увеличение концентраций. Наибольшая концентрация отмечалась в декабре 2022 года и составила  $0,0072 \text{ мг/м}^3$  при  $\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ .

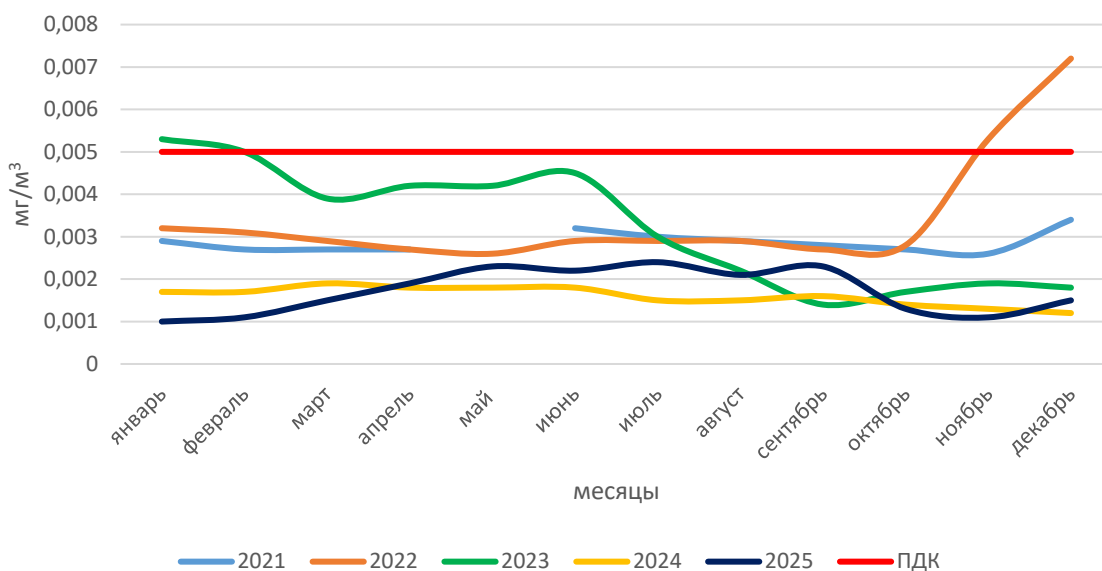


Рисунок 2 - Годовой ход среднемесячных концентраций диоксида серы в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 3 представлен годовой ход концентраций оксида углерода за исследуемый период. Из рисунка видно, что концентрация оксида углерода за весь период не превышала ПДК<sub>с.с.</sub> = 3 мг/м<sup>3</sup>.

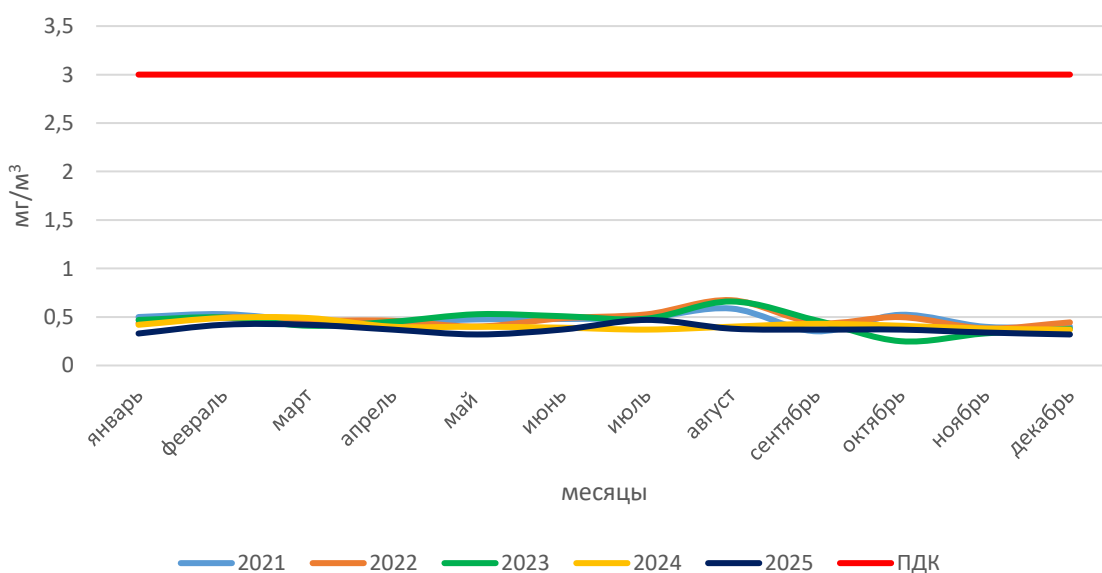


Рисунок 3- Годовой ход среднемесячных концентраций оксида углерода в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 4 представлен годовой ход среднемесячных концентраций диоксида и оксида азота. Из рисунка видно, что содержание в воздухе города этой примеси практически во все месяцы исследуемых лет не превышает ПДК<sub>с.с.</sub>

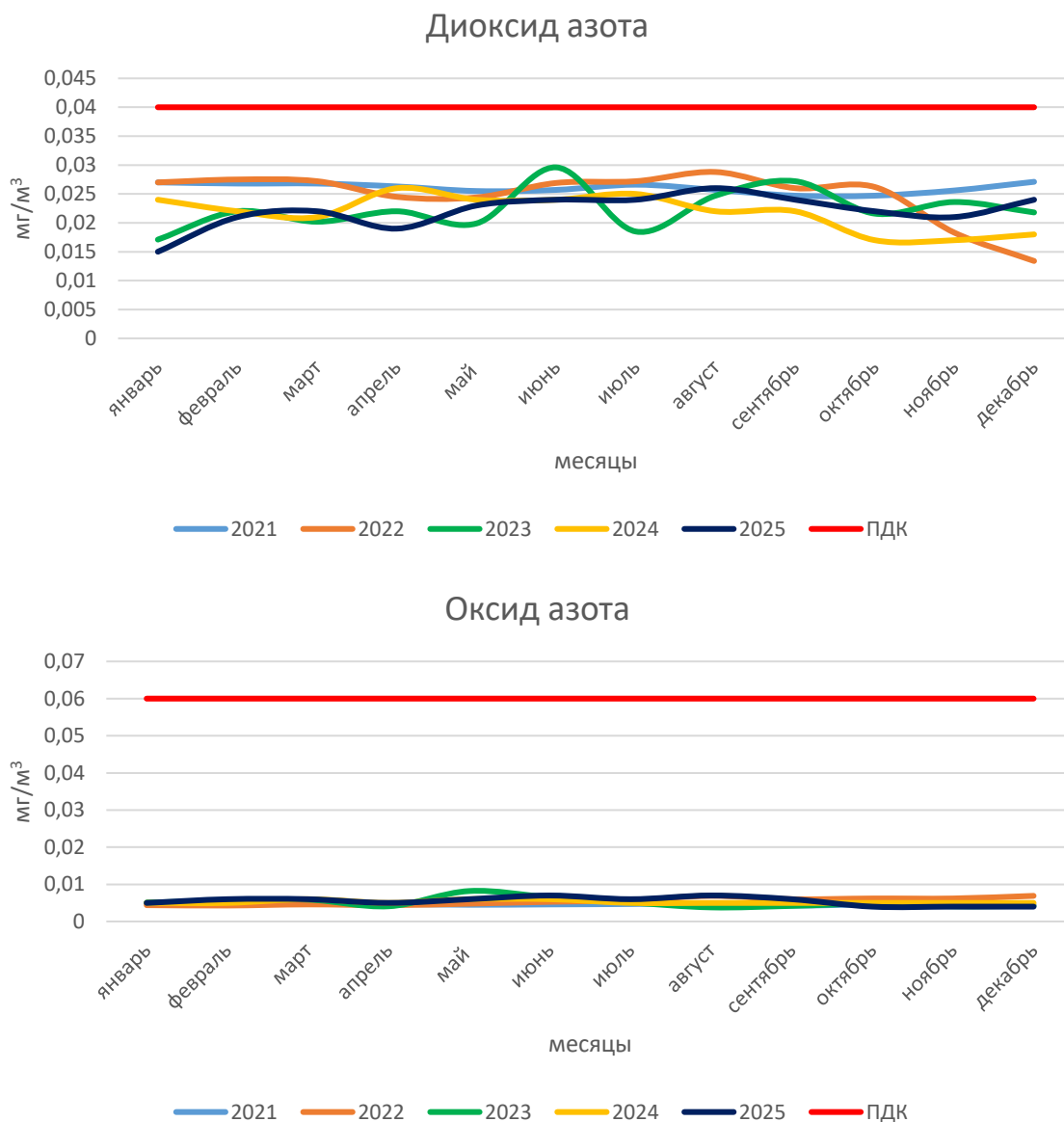


Рисунок 4 - Годовой ход среднемесячных концентраций диоксида и оксида азота в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

В годовом ходе концентраций фенола в соответствии с рисунком 5 наблюдаются высокие значения концентраций в 2022 году. Концентрация

превышает ПДК<sub>с.г.</sub> в декабре 2022 и составляет 0,0045 мг/м<sup>3</sup>. В остальные года концентрация фенола не превышает ПДК<sub>с.г.</sub>.

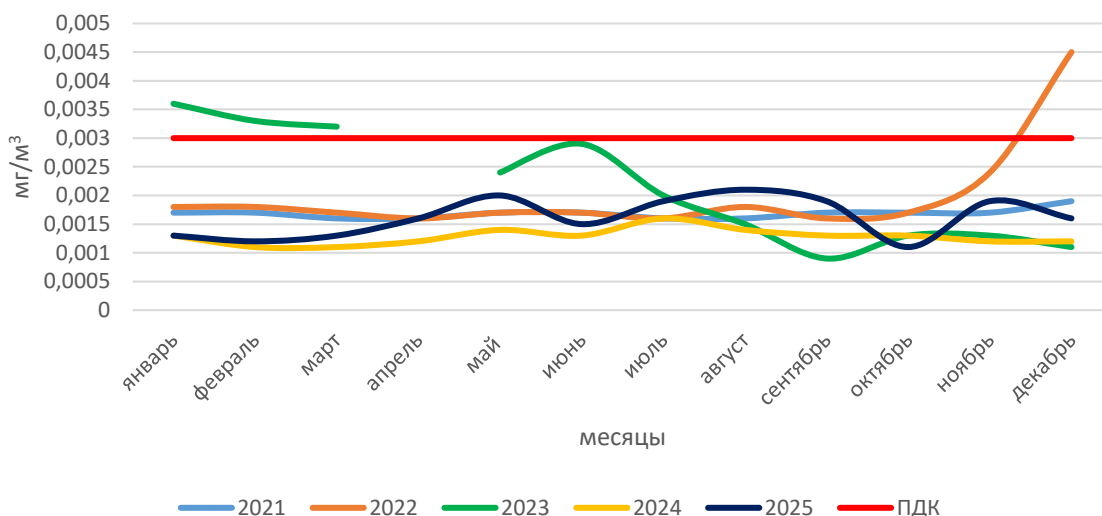


Рисунок 5 - Годовой ход среднемесячных концентраций фенола в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 6 представлен график годового хода среднемесячных концентраций формальдегида за 2021-2025 годы. Из графика видно, что концентрация формальдегида во все месяцы исследуемого периода значительно превышала ПДК<sub>с.г.</sub>.

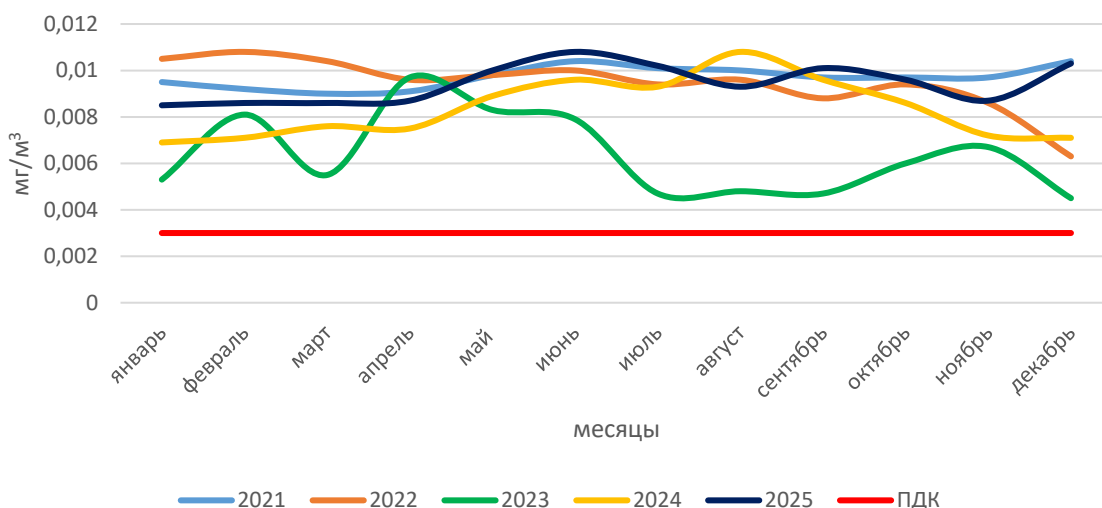


Рисунок 6 - Годовой ход среднемесячных концентраций формальдегида в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

В годовом ходе концентраций сероводорода в соответствии с рисунком 7 значения не превышает ПДК<sub>с.г.</sub>

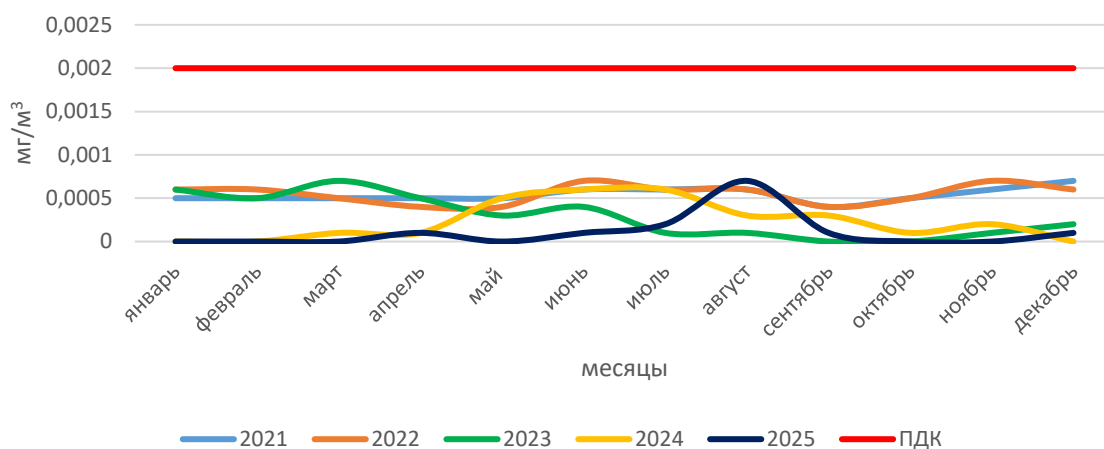


Рисунок 7 - Годовой ход среднемесячных концентраций сероводорода в Пензе в с 2021 по 2025 г. (составлено автором)

На рисунке 8 представлен график годового хода среднемесячных концентраций хлорид водорода за 2021-2025 годы. Из графика видно, что концентрация хлорид водорода во все месяцы исследуемого периода значительно превышала ПДК<sub>с.г.</sub>. Наибольших значений концентрация достигала в 2021 году.

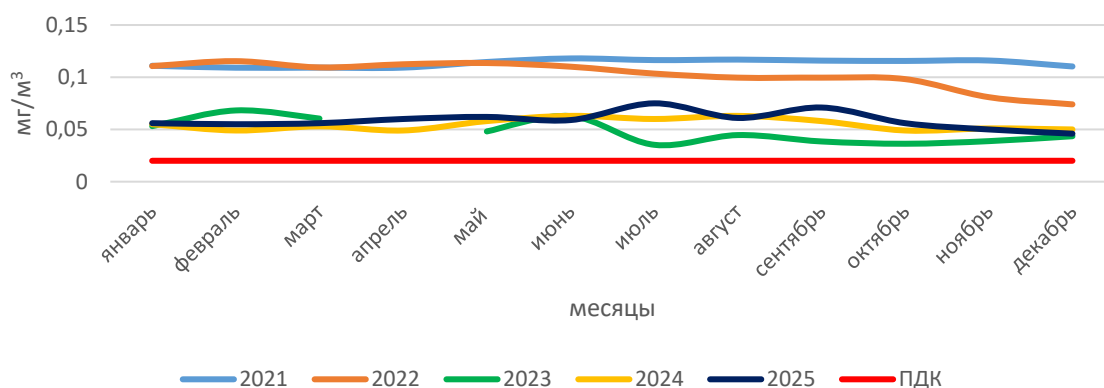


Рисунок 8 – Годовой ход среднемесячных концентраций хлорид водорода в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 9 приведен график распределения среднемесячных значений индекса загрязнения атмосферы. Из графика видно, что наибольшие среднемесячные значения ИЗА отмечались в 2021 году, затем был спад значений, минимум наблюдался в 2023 году, затем снова происходит рост величин.

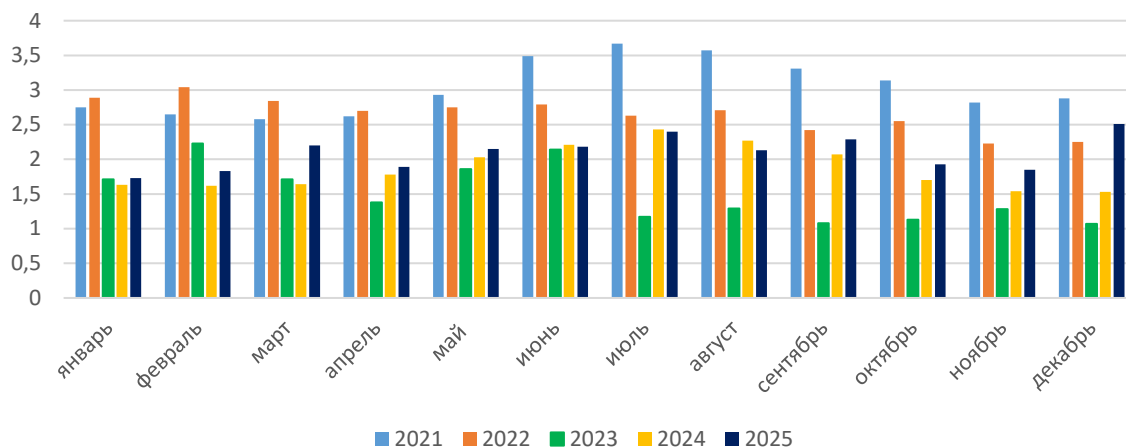


Рисунок 9 – Годовой ход индекса загрязнения атмосферы в Пензе с 2021 по 2025 гг. (составлено автором)

На рисунке 10 представлен график изменения показателя ИЗА<sub>5</sub> в городе Пенза за 2021-2025 гг. Так можно сделать вывод, уровень загрязнения в 2021-2022 гг. находится на уровне «очень высокий», с 2023 по 2025 классифицируется как «высокий».

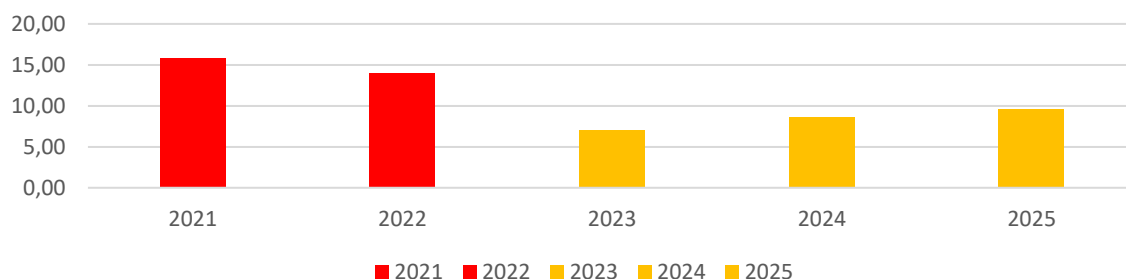


Рисунок 10 – Изменение показателя ИЗА<sub>5</sub> за 2021-2025 гг. в городе Пенза (составлено автором)

**Заключение.** Главной экологической проблемой для Пензенской области, как и для большинства крупных индустриально развитых регионов Российской Федерации, является загрязнение атмосферного воздуха.

Из анализа материалов наблюдений за загрязнением воздуха на ПНЗ города Пензы за 2021-2025 год можно сделать следующие выводы:

1. Средние концентрации пыли превышали ПДК<sub>с.г.</sub> только в летний сезон, Наибольшая наблюдалась в 2021 году. Концентрации оксида углерода, оксидов азота и сероводорода в течение всего года не превышали ПДК<sub>с.г.</sub>. Концентрации диоксида серы и фенола в отдельные месяцы были несколько выше ПДК<sub>с.г.</sub>. Значительно превышали ПДК<sub>с.г.</sub> концентрации формальдегида и хлорид водорода.

2. Наибольшие среднемесячные значения ИЗА отмечались в 2021 году, затем был спад значений, минимум наблюдался в 2023 году, затем снова происходит рост величин.

По данным критерия ИЗА<sub>5</sub> уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2021 и 2022 годах был на уровне очень высокий, а в 2023-2025 – уровень высокий.

Следует отметить, что значительное влияние на оценку уровня загрязнения, оказала новая нормативная база. Так начиная с 2021 года значительно ужесточились критерии оценки для некоторых загрязняющих веществ, таких как формальдегид, хлорид водорода, фенол, взвешенные вещества, что повлекло к значительному росту значения ПДК и критерию ИЗА<sub>5</sub> соответственно.