

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

Влияние инверсий на загрязнение атмосферного воздуха в г. Уфа

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Никишовой Валерии Дмитриевны

Научный руководитель,

Профессор, к.г., доцент

Полянская Е.А.

Зав.кафедрой,

к.г.н., доцент

М.Ю.Червяков

Саратов 2022

Введение. Изменение температуры воздуха с высотой в пограничном слое атмосферы обуславливается взаимодействием атмосферы с подстилающей поверхностью. В тропосфере с высотой температура убывает, но бывают ситуации, когда этот ход температуры нарушается, и возникают инверсии. Эти слои препятствуют рассеиванию примесей, они убирают восходящие движения, и, следовательно, выбросы предприятий скапливаются в тонком слое под ними.

Атмосфера, как и вся естественная среда в целом, располагает возможностью к самоочищению. Вредные элементы, поступающие в атмосферу от антропогенных источников, оседают на поверхностях, вымываются атмосферными осадками и могут, переносятся на существенные расстояния с зоны выброса. Все эти процессы совершаются с помощью ветра и зависят от стратификации атмосферы. Под воздействием всех этих факторов при постоянных выбросах вредных элементов уровень загрязнения приземного слоя атмосферы может изменяться во весьма обширных границах.

Цель работы: дать оценку характеристик температурных инверсий в пограничном слое атмосферы г. Уфы для уточнения образования атмосферных условий, способствующих формированию и сохранению высокого уровня загрязнения.

Актуальность данной работы в том, что г. Уфа является промышленным и крупным городом, который находится в районе холмистых равнин и впадины. Город динамично развивается, и требуется уделять особое внимание накоплению промышленных и автомобильных выбросов в нижних слоях атмосферы. К таким неблагоприятным условиям относится инверсия, представляющая собой задерживающий слой теплого воздуха, который препятствует рассеиванию примесей по вертикали. В приземном слое инверсии приводят к обострению неблагоприятной экологической ситуации территории, над которой она располагается. Характеристики инверсий используют как основной предиктор в прогнозе неблагоприятных условий для рассеивания вредных веществ, а также для расчёта потенциала загрязнения

Основное содержание работы.

Понятие инверсии. Характерной особенностью тропосферы является убывание температуры с высотой. Однако встречаются слои с аномальным изменением температуры, так называемый инверсионный слой. Инверсия – это повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы.

Инверсия характеризуется величинами:

- 1) высота нижней и верхней границы;
- 2) вертикальная мощность инверсии – разница между верхней и нижней границы, выраженной в метрах;
- 3) интенсивность инверсии (величина инверсии) – разница температур на ее границах.

Физико-географическая и климатическая характеристика г. Уфы.

Уфа расположена на берегу реки Белой, при впадении в нее рек Уфа и Дема, в Башкирском Предуралье, в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины. Центральную часть территории города занимает Федоровско-Стерлибашевский вал, выраженный в рельефе приподнятыми частями (водораздела между реками Дема-Уршак и Уфа-Белая). Рельеф города очень сложен и неоднороден.

В городе имеют перепады высот от 80 до 212 метров (от 80–85 метров: урезы рек Белой, Уфы до 212 метров: районы «Старой Уфы», междуречье Белой – Шугуровки). Такие условия благоприятны для образования орографических инверсий. Холодный воздух по склону стекает вниз под действием сил тяжести, а в пониженной части находится теплый воздух. И как следствие создается инверсионное распределение температуры.

Анализ инверсий. При детализированном анализе аэрологических данных можно выявить, что градиент в атмосфере не остается постоянным. Наиболее неустойчивы градиенты температуры в нижнем пограничном слое, в котором сильно сказывается влияние нагревания и охлаждения земной поверхности.

Так же имеет значение градиент температуры инверсионного слоя, он показывает интенсивность инверсии. Температурный градиент инверсии вычислялся как отношение интенсивности к мощности, взятое в стометровом слое.

Для анализа инверсионных слоев использовались данные аэрологической станции г. Уфы за срок 00 и 12 часов по Гринвичу. Было обработано 542 результата радиовыпуска. По данным результатов радиозондирования за зимний период (2018-2021 гг.) был проведен анализ приземных и приподнятых инверсий.

Рассмотрим, каждый зимний период в отдельности.

Рассмотрим, распределение инверсий за зимний период 2018-2019 гг., рисунок 1 и 2.

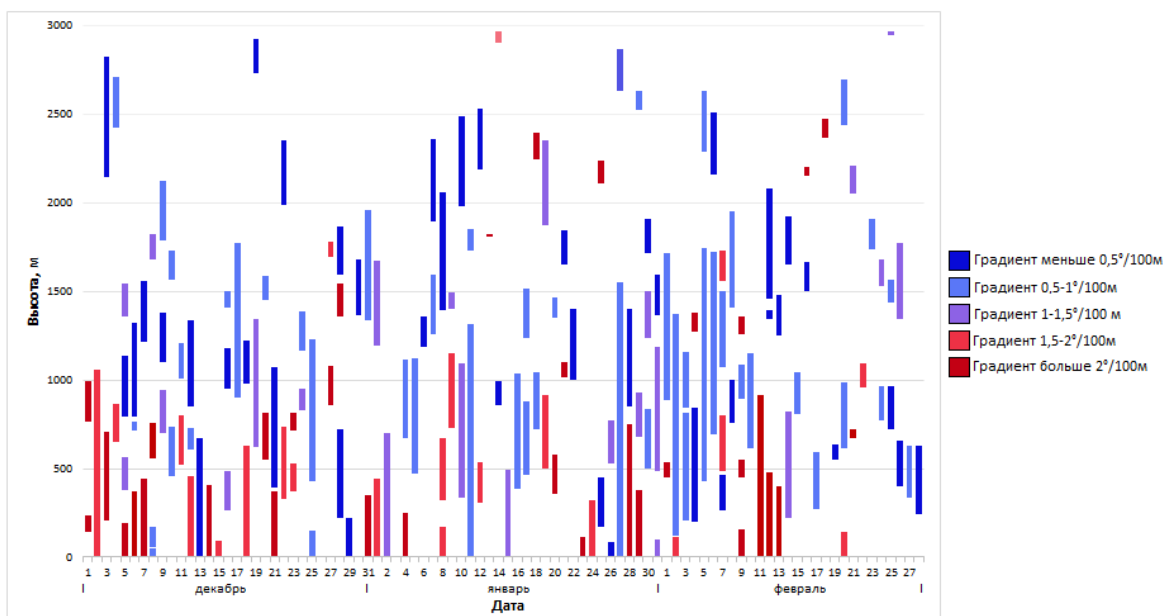


Рисунок 1 - График распределения инверсий за срок 00 часов по Гринвичу (составлено автором)

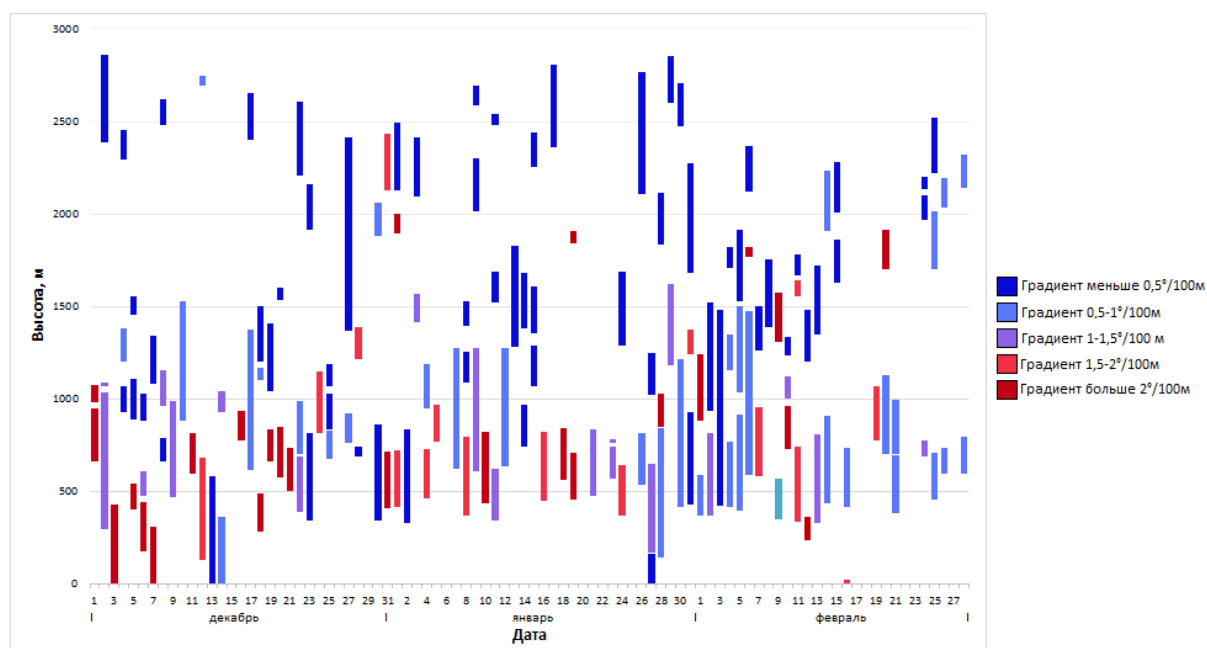


Рисунок 2 -График распределения инверсий за срок 12 часов по Гринвичу (составлено автором)

Оценив рисунки 1 и 2 получается, что количество приземных инверсий в срок 00 часов больше, чем в 12, это связано с радиационным выхолаживанием и образованием радиационных инверсий. Эти приземные инверсии в большинстве случаев имеют градиент больше $2^{\circ} / 100 \text{ м}$. Наибольшее количество образовавшихся инверсий имеют небольшую интенсивность (градиент до $1^{\circ} / 100 \text{ м}$).

В среднем мощность инверсий составляет порядка 290 метров. Самая мощная инверсия, сформировавшаяся за 00 часов составляет, 1552 метра наблюдалась 27.1.2019 г., а за срок 12 часов 1064 метра 3.2.2019 г. В срок 00 часов приземная инверсия, а в 12 часов приподнятая.

Рассмотрим, распределение инверсий за зимний период 2019-2020 гг., в соответствии с рисунками 3 и 4.

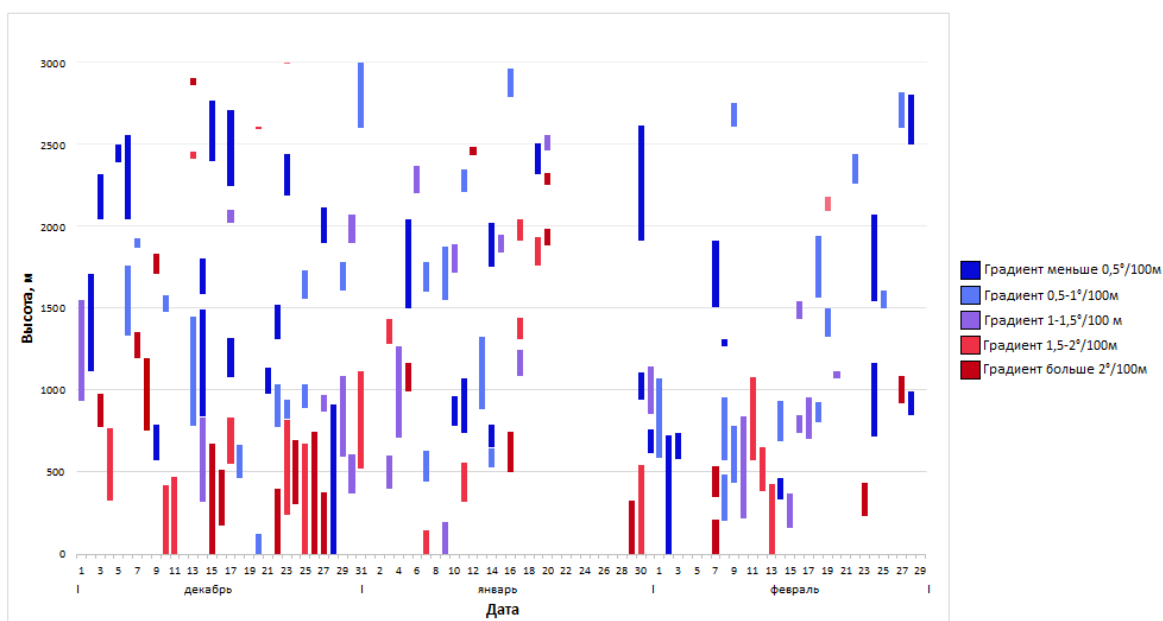


Рисунок 3 - График распределения инверсий за срок 00 часов по Гринвичу (составлено автором)

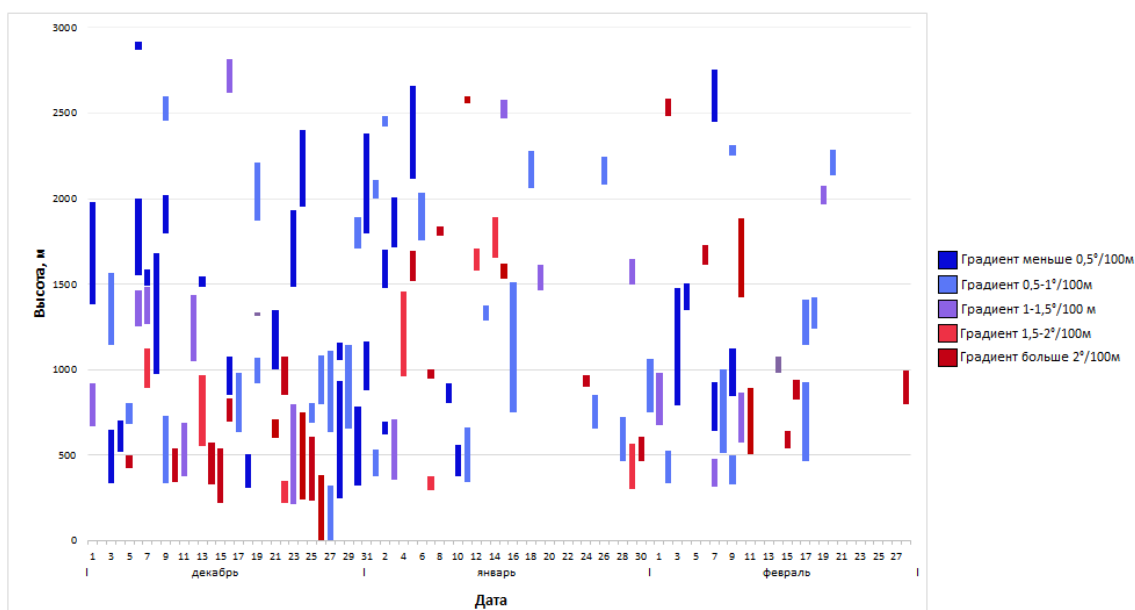


Рисунок 4 - График распределения инверсий за срок 12 часов по Гринвичу (составлено автором)

Оценив рисунки 3 и 4, получается, что приземных инверсии в 00 часов больше, чем в 12 из-за радиационного охлаждения поверхности. Эти

приземные инверсии в большинстве случаев имеют градиент больше $2^{\circ}/100$ м. Наибольшее количество образовавшихся инверсий имеют небольшую интенсивность (градиент до $1^{\circ}/100$ м).

В среднем мощность инверсий составляет порядка 260 метров. Самая мощная инверсия, сформировавшаяся за 00 часов составляет, 914 метров наблюдалась 28.12.2019г, а за срок 12 часов 757 метров 16.1.2020г. В срок 00 часов приземная инверсия, а в 12 часов приподнятая.

Проанализируем, распределение инверсий за зимний период 2020-2021 гг., в соответствии с рисунками 5 и 6.

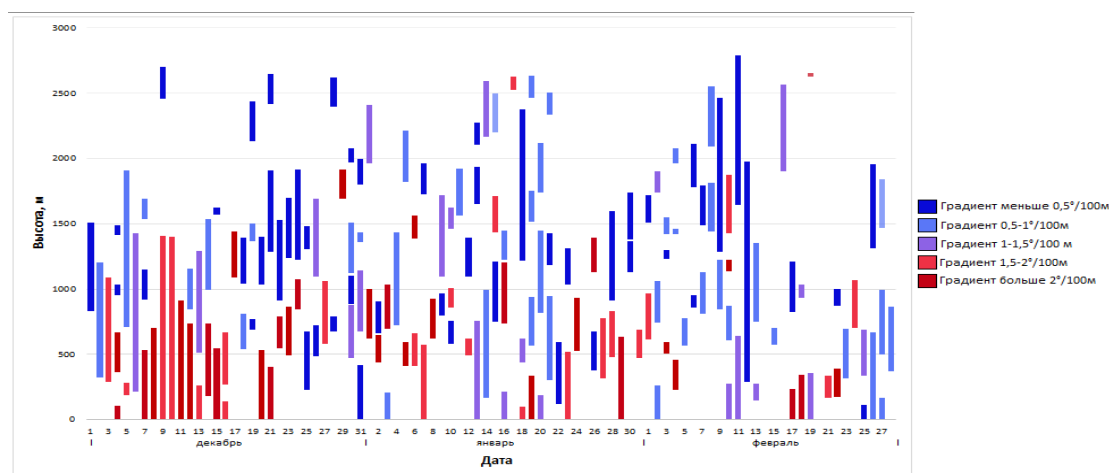


Рисунок 5 - График распределения инверсий за срок 00 часов по Гринвичу (составлено автором)

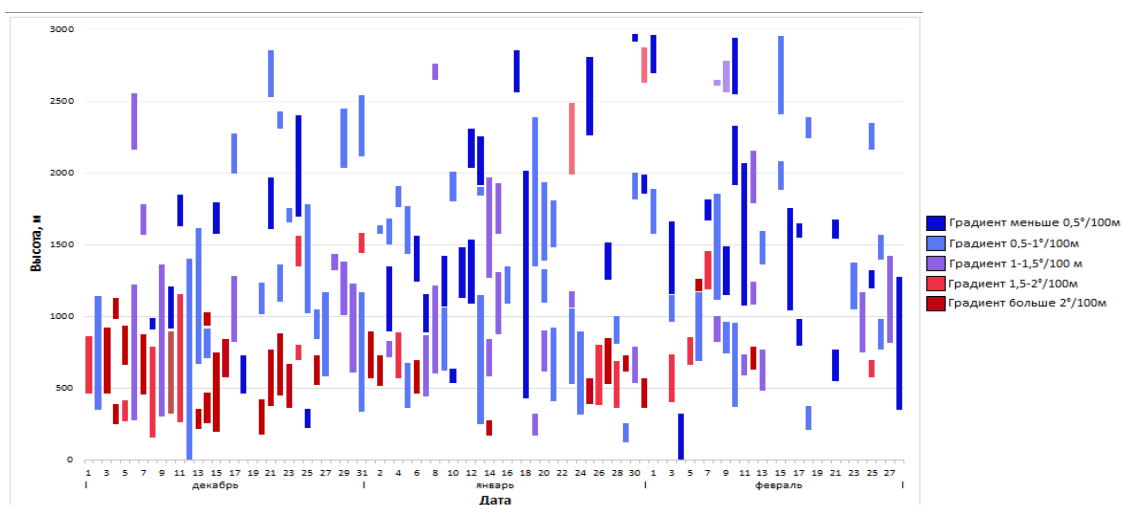


Рисунок 6 - График распределения инверсий за срок 12 часов по Гринвичу (составлено автором)

Оценив рисунки 5 и 6, получается, что приземных инверсии в 00 часов больше, чем в 12 из-за отдачи тепла земной поверхностью (радиационная инверсия). Эти приземные инверсии в большинстве случаев имеют градиент больше $2^{\circ} / 100$ м. Наибольшее количество образовавшихся инверсий имеют небольшую интенсивность (градиент до $1^{\circ} / 100$ м).

В среднем мощность инверсий составляет порядка 360 метров. Самая мощная инверсия, сформировавшаяся за 00 часов составляет, 1689 метров наблюдалась 12.2.2021г, а за срок 12 часов 1580 метров 18.1.2021г.

Исходя, из этих данных можно сделать следующие выводы:

- Самые мощные инверсии, образовавшиеся, в срок 00 часов порядка 900-1700 м наблюдаются в декабре (28.12.2019) или январе (27.1.2019), исключение лишь составила инверсия 2021 года, она образовалась в феврале (12.2.2021). Интенсивность таких инверсий небольшая, о чем свидетельствует градиент, он колеблется в пределах $0,36-0,91^{\circ} / 100$ м. Так же проанализировав инверсии меньшей мощности на несколько десятков можно сделать заключение, что инверсии порядка 800-900 м характерны для любого зимнего месяца, и это будет зависеть от циркуляционных процессов, протекающих в атмосфере. Эти инверсии образовывались, как у поверхности земли, так и на некоторой высоте от нее.

Самые мощные инверсии, возникающие, в срок 12 часов по Гринвичу составляют порядка 750-1600 м. Они образовывались чаще в январе (28.1.2018, 16.1.2020, 18.1.2021), и феврале (3.2.2019). Градиент этих инверсий колеблется в районе $0,19-0,85^{\circ} / 100$ м. Инверсии возникающее в это время преимущественно приподнятые, так как радиационное выхолаживание сведено к минимуму.

- Самые слабые по мощности инверсии, возникающие, в 00 часов образовывались чаще всего в декабре, но они также характерны для января и февраля. Инверсионные слои небольшой мощности, зафиксированные, в 12 часов не имеют четкого распределения по месяцам. Такие инверсии могут быть и приземными, и приподнятыми.

Анализируя данные, получается, что наиболее маленькие по мощности инверсии являются по температуре более интенсивные.

- Наиболее интенсивные инверсии возникают в декабре и январе, в отдельных случаях могут наблюдаться в феврале. Самый большой градиент наблюдался 21.2.2019 и был равен $15,69^{\circ} / 100$ м, в среднем самые большие градиенты инверсий колеблются от $3,17^{\circ} / 100$ м до $15,69^{\circ} / 100$ м.

Анализ связи инверсий и загрязнения воздуха. Задерживающие или инверсионные слои сильно влияют на уровень загрязнения, поэтому стоит особое внимание уделять им. Ведь, вредные вещества выбрасываемые предприятиями скапливаются в воздухе, чем может навредить здоровью и жизни людей. На фактическое загрязнение влияют не только инверсии, но и другие факторы, такие как расположение труб предприятий, их режим работы, а также направление и скорость ветра, рельеф и др.

Проанализируем зимний период 2019 - 2020 года.

Рассмотрим, дни, когда фиксировалось загрязнение:

- 19.12 было зафиксировано два превышения веществ на ПНЗ №5 и №17 по этилбензолу (1 ПДК). В этот день сформировались 3 инверсии в срок 12 часов, на высоте 915, 1312 и 1866 метров, так же метеорологические условия характеризовались, как слабый ветер и дымка. 19 числа сформировались условия для накопления вредных веществ в атмосфере.

- 26 декабря было превышение веществ на ПНЗ №17 этилбензола (1 ПДК), ПНЗ №18 оксида азота (1,1-1,3 ПДК), ПНЗ №5 взвешенных веществ (1,4 ПДК) и на ПНЗ №14 сероводорода (2,4 ПДК). В этот день наблюдались одна приземная инверсия в срок 00 часов (мощность 746 метров), и 2 инверсии в срок 12 часов (приземная и на высоте 901 м). В этот день наблюдалась штилевая погода, что препятствовало рассеиванию примесей, и они накапливались в атмосфере. Так же стоит, отметить, что высота расположения инверсий (и толщина слоя) находилась на том уровне, на котором происходит выбросы предприятий, и так как они приземные

автомобильные выбросы тоже скапливались в атмосфере, что привело к превышению различных показателей.

- 12 февраля зафиксировано превышение на ПНЗ №17 оксидом углерода (1,1 ПДК) и на ПНЗ №5,14,17,18 диоксидом азота (1 ПДК). В этот день образовывалась инверсия в срок 00 часов на высоте 383 метра и мощностью 271 метр, а так же была штилевая погода. Это благоприятные условия для накопления вредных веществ, что и способствовало их превышению на различных пунктах наблюдения.

Превышение веществ наблюдалось, когда образовывались инверсии на различных уровнях, вне зависимости от ее мощности и интенсивности, главное лишь факт наличия инверсии, т.е. задерживающего слоя.

Проанализируем зимний период 2020 - 2021 года.

Превышение веществ фиксировалось в дни, когда образовывались инверсии и наблюдались либо туманы, либо штиль. Так же необходимо обозначить, что в дни, когда наблюдались ливневые осадки, атмосфера могла очиститься на определенном участке, так как для ливневых осадков характерно выпадение на небольшой территории, а некоторые ПНЗ находятся на удалении 15-30 км от пункта метеорологической станции.

В декабре уровень загрязнения оценивался, как «высокий», в январе «низкий», а в феврале «высокий». В январе уровень загрязнения был пониженный, так как наблюдалась повторяемость дней с осадками больше 0,5 мм – 48,4%. И в январе инверсии в большей степени образовывались на высоте от 300 м и выше, что способствовало не накоплению веществ в нижележащих слоях, и, следовательно, их регистрации.

Рассмотрим примеры дней, когда превышение веществ фиксировалось на нескольких ПНЗ или по нескольким примесям:

- 4 декабря было, зарегистрировано превышение веществ на ПНЗ №14 и ПНЗ №17 концентрация этилбензола составила 1 ПДК. В этот день наблюдалось 6 инверсий в 00 часов, в том числе приземная, и 2 приподнятые инверсии (с высоты 249 метров). В это время так же наблюдалась дымка,

слабый снег (0,3мм), слабый ветер. Эти условия способствовали накоплению веществ в атмосфере.

- 10 декабря превышение было зарегистрировано, на ПНЗ №14 в пробах воздуха концентрация сероводорода определена на уровне 4,9 ПДК, этилбензола – 1 ПДК. 10.12 образовалась одна приземная инверсия в срок 00 часов мощностью 1396 метров, и две приподнятые инверсии. В этот день наблюдалась дымка и штиль. Такие условия, как безветренная погода, дымка и задерживающий слой способствовали накоплению примесей.

Заключение. На основе данных исследований и поставленных задач можно сделать следующие выводы:

1 Рельеф города благоприятен для образования инверсий. Так как присутствует не однородность рельефа, которая выражена приподнятыми частями Федоровско-Стерлибашевский вала, которая способствует образованию орографических инверсий, так же в утренние часы к ним присоединяются радиационные.

2 Самые мощные инверсии за срок 00 часов образовывались в декабре и январе. В 12 часов, так же складывались условия для образования мощных инверсий в декабре и январе, но был один случай образования в феврале. Интенсивность их небольшая до 1° /100 метров.

Самые слабые по мощности инверсии в 00 часов чаще всего обнаруживались в декабре, но меньшее их количество в январе и феврале. Для 12 часов нет определенной зависимости. Градиент таких инверсий, чаще всего больше 1° /100 метров. У более маленьких инверсий интенсивность в разы больше, чем у более мощных инверсий.

Повторяемость приподнятых инверсий выше, чем у приземных. Это связано с тем, что инверсии по высоте могут разрушаться и образовываться вновь, такое может произойти из-за адвекции тепла. В среднем повторяемость приподнятых инверсий 40-50% от общего количества наблюдений. В срок 00 часов повторяемость приземных инверсий больше, чем в 12 часов из-за радиационного выхолаживания земной поверхности.

3 При анализе взаимосвязи инверсии и загрязнения воздуха была выявлена зависимость. Когда в атмосфере фиксировались инверсии, чаще всего наблюдалось превышение вредных веществ, или их пороговые значения. Так же выявлено, что на превышение веществ в атмосфере значение интенсивности и мощности инверсии не так важно, как сам факт её наличия. Ведь, загрязнения атмосферы фиксировались и при маленьких интенсивностях и мощности инверсий. Помимо этого стоит учитывать и другие аспекты: скорость ветра, туман и выпадение осадков. Эти факторы способны как очищать атмосферу, так и способствовать накоплению примесей. (Например, 16 января 2020 года образовывалось несколько инверсий, но в этот день шел ливневой снег и дождь (14 мм), порывы ветра достигали 12м/с. Эти условия способствовали очищению атмосферы, и как следствие превышение веществ не зафиксировано).

На загрязнение атмосферы оказывают влияние, как приподнятые, так и приземные инверсии. Приземные инверсии способствуют образованию повышенного уровня загрязнения в приземном слое, в основном за счет автомобильного транспорта. Приподнятые инверсии образуются на некоторой высоте от поверхности земли, и они препятствуют рассеиванию промышленных выбросов

В целом при изучении данного вопроса необходимо рассматривать вопрос не только о формировании инверсий, но и учитывать другие факторы (ветер, туман, осадки). Так как при образовании инверсии могут быть условия, которые способны очистить атмосферу и в данные период зависимость загрязнения атмосферы от инверсии не будет выражена.