

Муниципальное учреждение дополнительного образования
«Дворец творчества детей и молодёжи» г. Воркуты
Творческое объединение «Ступени»
Республика Коми

**Влияние сезонных роз ветров на
распространение SO₂ и NO₂ в Воркутинском промышленном
районе на примере летнего (июнь) и зимнего (январь) периодов**

Автор:

Семенова Алекса Алексеевна,
учащаяся 11 класса

Руководитель:

Кайгородцева Наталия Александровна,
педагог дополнительного образования
МУДО «ДТДиМ» г. Воркуты

Научный консультант:

Билалов Авас,
доцент кафедры недропользования,
строительства и менеджмента,
кандидат геолого-минералогических наук
ВФ УГТУ

г. Воркута, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение.....	3
1. Обзор информационных источников.....	4
1.1. Что такое роза ветров и где она применяется.....	4
1.2. Влияние ветра на распространение загрязняющих веществ.....	5
2. Материалы и методика исследования.....	6
2.1. Определение содержания в воздухе диоксида азота с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.....	6
2.2. Определение содержания в воздухе диоксида серы с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.....	7
2.3. Методика построения розы ветров.....	7
2.4. Методика построения экологической карты загрязнения.....	8
3. Результаты исследования и их обсуждение.....	9
3.1. Анализ содержания в воздухе диоксида серы и диоксида азота с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.....	9
3.2. Анализ ветрового режима по розе ветров.....	10
3.3. Анализ содержания SO ₂ и NO ₂ в атмосфере Воркутинского промышленного района в разное время года.....	10
Выводы.....	11
Информационные источники.....	14
Приложения.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние атмосферного воздуха в промышленных районах Арктической зоны России вызывает серьёзную экологическую обеспокоенность. Воркутинский промышленный район — один из наиболее развитых и при этом экологически напряжённых центров Европейского Севера. Основными источниками загрязнения здесь являются предприятия угольной и энергетической (до конца 2022 года) промышленности, котельные установки, автомобильная и железнодорожная автостоянка. Сложные климатические условия, многомесячный снежный покров и значительные перепады температур определяют особенности рассеивания загрязняющих веществ. Анализ экологической ситуации требует учёта метеорологических факторов, в первую очередь — направления и силы ветра, формирующих розу ветров, от которой напрямую зависит распространение выбросов в пространстве. Именно наличие устойчивых инверсий температуры формируют специфическую модель рассеивания загрязняющих веществ, что требует создания экологических карт распределения концентраций газов по розе ветров.

Актуальность темы обусловлена необходимостью комплексной оценки состояния воздуха в Воркутинском промышленном районе с учётом сезонных различий атмосферной циркуляции. Наличие устойчивых инверсий температуры формируют специфическую модель рассеивания загрязняющих веществ, что требует создания экологических карт распределения концентраций газов по розе ветров и необходимость оценки экологической ситуации.

Выдвинули гипотезу: предполагаем, что концентрация диоксида серы и диоксида азота существенно зависит от преобладающего направления ветра и климатических условий сезона, создавая неоднородность загрязнения воздушного бассейна Воркуты. Построение экологической карты покажет наиболее уязвимые территории в Воркутинском промышленном регионе по превышению диоксида азота и диоксида серы в зимний и летний периоды.

Поставили *цель*: провести оценку влияния сезонных роз ветров на распространение SO_2 и NO_2 в Воркутинском промышленном районе на примере летнего (июнь) и зимнего (январь) периодов для выявления зон повышенного экологического риска.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

1. Выявить содержание в воздухе диоксида азота и диоксида серы в разное время года с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.
2. Построить розу ветров с учётом метеорологических данных (направление и скорость ветра) в летний (июнь) и зимний (январь) периоды.
3. Определить основные источники выбросов SO_2 и NO_2 в исследуемом районе.

4. Смоделировать направления распространения диоксида азота и диоксида серы в зависимости от сезонной розы ветров с помощью экологической карты.
5. Проанализировать экологические карты распространения диоксида азота и диоксида серы на исследуемых территориях Воркутинского района за исследуемые периоды.

Обозначили *объект исследования* – атмосферный воздух воркутинского района, и *предмет исследования* – пространственно-временная динамика распространения SO₂ и NO₂ по территории воздушного бассейна Воркуты с учётом розы ветров в летнее (июнь) и зимнее (январь) время года.

Изучение проводилось методом анализа проб атмосферного воздуха с помощью пробоотборника, взятых ежегодно один раз в летний и зимний периоды. Для сопоставления полученных результатов применялся показатель разового ПДК.

В работе опирались на следующие *методы* исследования: анализ, методика создания розы ветров, методика построения экологической карты, сравнение.

Практическая значимость работы заключается в том, что созданная экологическая карта может использоваться для экологического мониторинга, планирования природоохранных мероприятий и градостроительных решений, а также в учебных целях при изучении региональной экологии. Результаты данного исследования помогут выявить проблемные зоны распространения SO₂ и NO₂ по территории воздушного бассейна Воркуты.

Период проведения исследований – январь 2022 г. – декабрь 2025 г.

1. ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1. Что такое роза ветров и где она применяется.

Роза ветров в современном представлении – это диаграмма, которая отражает частоту и направление ветров в конкретной точке. В неё могут быть заложены статистические данные о ветре за любой срок наблюдения — за один час, за год или за 30 лет. Причём это могут быть как преобладающие направления ветра, так и средние скорости, максимальные и минимальные значения, повторяемость порывов и штилей, продолжительность ветров, их календарная частота и распределение по временам года.

Получается, что роза ветров — не просто примерная схема, а математически точный график, основанный на конкретных показателях, и позволяющий визуально всесторонне оценить любые ветровые характеристики.

Своё необычное название диаграмма получила в Средние века. Тогда моряки впервые стали наносить на навигационные карты и компасы направления ветров именно в виде симметричных стрел-лучей. В итоге схема напоминала лепестки цветка — и, конечно, самым прекрасным и идеальным считался цветок розы.

«Роза ветров» так называется во всех языках европейских морских держав: в английском, испанском, португальском, французском, немецком и итальянском.

Сегодня роза ветров — это важный и мощный аналитический инструмент. Обычно в неё закладываются данные многолетних наблюдений, а ещё она позволяет визуализировать природные закономерности и может использоваться для принятия важных инженерно-проектных и природоохранных решений. Без неё никуда в архитектуре и градостроительстве, авиации и энергетике, сельском хозяйстве и экологии, морской навигации и климатологии. [4].

Учёт розы ветров учитывается в санитарных нормах проектирования промышленных предприятий. Например, предприятия, выделяющие производственные вредности (газ, дым, копоть, пыль), необходимо располагать с подветренной стороны по отношению к ближайшему району селитебной части города. Полоса между источником производственных вредностей и границей жилой территории называется санитарно-защитной зоной (СЗЗ).

Роза ветров составляется на основании данных метеорологических станций за определенные периоды времени (месяц, сезон, год и т.д.) путём нанесения в определенном масштабе на линии расположения стран света повторяемости ветров, выражаемое числом дней в году (или в процентах), в течение которых ветер дует по направлению к центру розы ветров. Конечные точки на отрезках линий направлений сторон света, соединенные между собой, образуют многоугольник, дающий графическое представление о господствующем направлении ветров.

1.2. Влияние ветра на распространение загрязняющих веществ.

В пограничном слое атмосферы скорость и направление ветра меняются с высотой, что в дополнение к действию пульсаций скорости также приводит к рассеянию облака примеси. Огромные медленно перемещающиеся в пространстве системы высокого давления часто характеризуются такими сочетаниями значений стабильности атмосферы, ветра и ветрового сдвига, которые способствуют устойчивому состоянию загрязнения внутри этой воздушной массы.

Влияние метеорологических параметров может обуславливать накопление относительно высоких концентраций загрязняющих соединений внутри системы высокого давления. Высокий уровень загрязнения воздуха может регистрироваться в такой воздушной массе в течение значительного промежутка времени (около недели). Например, внутри системы высокого давления имеются области с температурной инверсией, которые расположены на некотором расстоянии от поверхности Земли и препятствуют поступлению загрязнения в приземный слой, обуславливая, таким образом, накопление загрязнения, поступающего от источников, в самой воздушной массе. Многие системы высокого давления характеризуются и низкой скоростью ветра, что также способствует накоплению загрязнения вследствие незначительного

горизонтального рассеивания выбросов загрязняющих веществ, попадающих в такую систему. Системам высокого давления свойственна также и незначительная облачность. Это увеличивает поступление солнечной радиации к земной поверхности и создает благоприятные условия для образования фотохимического загрязнения воздуха, которое в свою очередь оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Системы высокого давления и безоблачное небо не способствуют также выпадению дождей, являющихся одним из важных процессов выведения загрязняющих веществ из атмосферы. По этим причинам и в связи с тем, что системы высокого давления медленно перемещаются в атмосфере, в них в течение длительного времени могут сохраняться высокие концентрации загрязняющих веществ. Ветровой сдвиг, или изменение направления ветра с высотой, становится важным фактором при дальнем переносе загрязняющих веществ, так как он обуславливает «разбавление» воздушной массы, в которой содержатся загрязняющие примеси. Поскольку верхние и нижние слои воздушных масс, содержащих загрязнение, перемещаются в различных направлениях с разной скоростью, наличие ветрового сдвига способствует значительному рассеиванию загрязняющих компонентов атмосферы за время их переноса. [5].

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Решили провести независимую экспертизу качества воздуха Воркутинского промышленного района (ВПр). Для проведения исследования были выбраны следующие места взятия проб: Рудник, Железнодорожный вокзал, тундра посёлок Северный, площадь Центральная г. Воркуты. Пробы брали в летний и зимний периоды на высоте 1,5 м. Учитывали температуру воздуха, осадки, давление и направление ветра. Показания погоды узнавали на метеоАэропорт Воркута.

Изучение проводилось методом анализа проб атмосферного воздуха с помощью пробоотборника ручного НП-3М. Пробы брали ежегодно один раз в летний и зимний периоды. Для сопоставления полученных результатов применялся показатель разового ПДК.

2.1. Определение содержания в воздухе диоксида азота с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.

Оборудование: индикаторные трубки для определения диоксида азота, насос-пробоотборник, термометр, секундомер.

Ход работы:

1. Вскройте трубку индикаторную (ТИ) ТИ- [NO₂-0,05] с обоих концов.
2. Вставьте ТИ в гнездо аспиратора (НП-3М, АМ-5М) концом, на который указывает стрелка.
3. Прокачайте через ТИ 100 см³ (400см³) анализируемого воздуха. Максимальное время прокачивания 100 см³ - 120 сек. В присутствии диоксида азота индикаторная масса изменяет цвет с белого на бордово-коричневый.

4. Измерьте концентрацию диоксида азота по шкале, нанесенной на трубку или положив ТИ к соответствующей шкале внутри коробки. При использовании шкалы внутри коробки совместите границу начала изменения окраски индикаторной массы ТИ с начальным делением шкалы. При размытости границы раздела окрасок слоев исходной и прореагировавшей индикаторной массы измерение проводите по нижней и верхней частям границы. За результат измерения принимайте среднее значение. [3].

2.2. Определение содержания в воздухе диоксида серы с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.

Оборудование: индикаторные трубки для определения диоксида серы, насос-пробоотборник, термометр, секундомер.

Ход работы:

1. Вскройте трубку индикаторную (ТИ) ТИ-[SO₂-0,13] и трубку фильтрующую (ТФ) ТФ- SO₂ с обоих концов.
2. Перед началом измерений через ТФ прокачайте 300 см³ анализируемого воздуха. ТФ можно применять не более чем с 5 ТИ. Если применение ТФ необходимо в дальнейшем, ее концы следует закрыть заглушками.
2. Соедините конец ТИ без перетяжки (сужения) концом ТФ с перетяжкой отрезком эластичной трубки.
3. Вставьте ТИ в гнездо аспиратора (НП-3М, АМ-5М) концом, на который указывает стрелка.
4. Прокачайте через ТИ 1100 см³ (3000 см³) анализируемого воздуха. Максимальное время прокачивания 100 см³ - 200 сек. В присутствии диоксида серы индикаторная масса изменяет цвет с фиолетового на белый.
5. Измерьте концентрацию диоксида серы по шкале, нанесенной на трубку или положив ТИ к соответствующей шкале внутри коробки. При использовании шкалы внутри коробки совместите границу начала изменения окраски индикаторной массы ТИ с начальным делением шкалы. При размытости границы раздела окрасок слоев исходной и прореагировавшей индикаторной массы ТИ с начальным делением шкалы. При размытости границы раздела окрасок слоев исходной и прореагировавшей индикаторной массы измерение проводите по нижней и верхней частям границы. За результат измерения принимайте среднее значение. [3].

2.3. Методика построения розы ветров.

Методика построения розы ветров включает сбор данных о направлении и скорости ветра за длительный период (минимум год), их обработку (например, подсчет дней с ветром определенного направления и средней скорости) и визуализацию в виде диаграммы. Данные можно собрать самостоятельно или получить из метеорологических источников. Полученный чертеж показывает преобладающие ветры в данной местности. [1].

Этапы построения розы ветров:

1. Сбор данных:

- Определить исследуемый период (например, год, сезон, месяц).

- Зафиксировать направление и скорость ветра через равные промежутки времени (например, ежедневно).
 - Занести данные в таблицу, указывая направление ветра (С, С-В, В, Ю-В, Ю, Ю-З, З, С-З) и его скорость.
 - Данные можно получить самостоятельно или из архива метеослужб.
- 2.Обработка данных:
- По каждому направлению ветра подсчитать количество дней, когда ветер дул с этой стороны.
 - Рассчитать среднюю скорость ветра для каждого направления.
- 3.Построение диаграммы:
- Начертить круг и разделить его на 8 секторов, соответствующих сторонам света (С, С-В, В, Ю-В, Ю, Ю-З, З, С-З и промежуточные направления).
 - Для каждого направления начертить луч, длина которого пропорциональна числу дней с ветром этого направления.
 - Для розы ветров со средней скоростью ветра длина луча будет пропорциональна средней скорости ветра для данного направления.
 - Если в какой-то день наблюдался безветренный день, это не отражается на диаграмме. Если же ветра не было вовсе, то в этом месте линия просто прерывается.
 - Соединить концы лучей, чтобы получилась диаграмма.

Примечание: построения розы ветров делаем в программе EXEL

2.4. Методика построения экологической карты загрязнения.

Этапы построения экологической карты:

1. Сбор данных на местах взятия проб.
2. Анализ направления розы ветров.
3. Построение цветовой шкалы по пятиуровневая цветовая шкала, соответствующая степеням нагрузки атмосферы.

Таблица 1.

Цвет	Оценка состояния зоны в близости расположения и распространения источника загрязнения вокруг контрольной точки	Концентрация исследуемых газов на контрольных точках
Красный	Высокая нагрузка	Значительное превышение ПДК
Оранжевый	Умеренно превышенная	Приближение к верхней границе ПДК
Желтый	Условно допустимая	Незначительное превышение ПДК
Зеленый	Безопасная зона	Равен ПДК
Голубой	Фоновая зона	Естественный природный уровень

4. Нанесение полученных данных на карту.
5. Интерпретирование карты.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Анализ содержания в воздухе диоксида азота и диоксида серы с помощью насоса-пробоотборника ручного НП-3М.

Результаты исследований занесли в таблицу 1 и 2. Результаты собственных исследований сравнивали с разовым ПДК.

Таблица 1.

Пункты расположения исследования	Месяц				ПДК	
	Июнь 2022 г.		Январь 2023 г.		Макс. разовая	
	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³
Поселок «Северный»	1	0	0,6	0	0,5	0,085
Центральная площадь	1	1	1	1	0,5	0,085
Железнодорожный вокзал	1,5	1	1,5	1	0,5	0,085
Тундра	0,1	0	0	0	0,5	0,085
Рудник	0	0	0	0	0,5	0,085

Таблица 2.

Пункты расположения исследования	Месяц				ПДК	
	Июнь 2024 г.		Январь 2025 г.		Макс. разовая	
	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	NO ₂ мг/м ³
Поселок «Северный»	1	0	1	0	0,5	0,085
Центральная площадь	1	1	1	1	0,5	0,085
Железнодорожный вокзал	1,5	1	1,5	1	0,5	0,085
Тундра	0,1	0	0	0	0,5	0,085
Рудник	0,1	0	0	0	0,5	0,085

Примечание:

- пределы допускаемой относительной погрешности измерения не превышают $\pm 5\%$;
- жирным шрифтом выделены цифры, где было превышение ПДК.

В Воркутинском промышленном районе (ВПр) концентрация SO₂ при взятии проб летом не превышала норму только в тундре. Концентрация NO₂ при взятии проб летом превышала норму на Центральной площади и у

Железнодорожного вокзала. Это связано с фотохимическими реакциями оксидов в атмосфере.

В зимний период 2023 года SO_2 превышена на площади Центральной, у Железнодорожного вокзала и в посёлке Северный.

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация наблюдалась в летний и зимний периоды на Центральной площади и в районе железнодорожного вокзала. Основными причинами можно считать отопительный сезон, при котором увеличиваются выбросы сернистых соединений; неблагоприятные метеорологические условия (температурная инверсия, слабый ветер), способствующие накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, близость транспортных средств.

3.2. Анализ ветрового режима по розе ветров.

Анализ ветрового режима позволил установить сезонную и межгодовую изменчивость направления воздушных потоков:

1. Июнь 2022 года — преобладают северные и северо-восточные ветра, что способствует смещению загрязняющих веществ преимущественно в южном и юго-западном направлениях.
2. Январь 2023 года — доминируют южные, юго-западные и юго-восточные ветра, перемещающие загрязнения в северную часть района.
3. Июнь 2024 года — преобладают северо-западные, северо-восточные и северные ветра. Это обеспечивает относительно активное рассеивание загрязняющих веществ в южном и юго-восточном направлениях.
4. Январь 2025 года — доминируют северные, северо-восточные и восточные ветры, определяющие перенос загрязняющих веществ в южные и юго-западные районы.

3.3. Анализ содержания SO_2 и NO_2 в атмосфере Воркутинского промышленного района в разное время года (Приложение 1, 2).

Для анализа были выбраны репрезентативные точки, отражающие различные типы территорий:

- центральная площадь (городская зона, интенсивное движение транспорта);
- железнодорожный вокзал (зона промышленно-транспортного воздействия);
- посёлок «Северный» (пригородная территория, близкая к терриконам);
- рудник (зона ограниченного промышленного влияния);
- тундра (фоновая территория).

При анализе учитывали метеоданные по направлению и скорости ветра, включая температуру, состояние атмосферы и наличие инверсии за четыре временных периода: июнь 2022, январь 2023, июнь 2024, январь 2025.

Определяли преобладающее направления переноса загрязняющих веществ от источников выбросов для обозначения исследуемых зон влияния источников на городские и пригородные территории.

Для визуализации степени загрязнения использована пятиуровневая цветовая шкала, соответствующая концентрации вредных веществ. Каждой

контрольной точке присваивается соответствующий цвет по уровню загрязнения. Влияние источников и направление переноса выбросов отображается с помощью стрелок, соответствующих преобладающим направлениям ветров, а близкие источники загрязнения, как терриконы и промышленные предприятия, обозначаются определенными символами или фигурками. Сравнивали с ПДК. [2].

1. Городские территории (Центральная площадь и железнодорожный вокзал): В этих точках на протяжении всего периода наблюдались устойчиво повышенные концентрации SO_2 и NO_2 , что связано с высокой плотностью автотранспорта, сжиганием топлива в котельных и энергетических установках. В зимние месяцы (январь 2023 и 2025 гг.) наблюдается инверсия температуры, препятствующая вертикальному рассеиванию загрязнителей. В сочетании со штилем и эффектом городского теплового острова, формируется застой воздушных масс, способствующий накоплению примесей и превышению предельно допустимых концентраций. Эти районы на карте отмечены красными и оранжевыми (небольшой частью желтыми) зонами, что свидетельствует о высокой степени загрязнения воздуха.
2. Поселок «Северный»: летом (июнь 2022, 2024 гг.) под действием северных и северо-восточных ветров часть загрязнителей переносится за пределы жилой зоны, формируя градиент от жёлтых к зелёным участкам. Однако в зимний период, при южных ветрах и низкой скорости перемешивания, загрязняющие вещества частично накапливаются, а локальные превышения SO_2 наблюдаются вблизи терриконов. Таким образом, экологическая ситуация в поселке оценивается как умеренно напряжённая, с сезонным характером загрязнения.
3. Рудник и тундра: на удалённых участках (рудник и тундра) концентрации SO_2 и NO_2 не превышают ПДК. Благодаря отсутствию значимых источников выбросов, хорошему воздушному обмену и воздействию северных ветров, воздух остаётся относительно чистым. Эти зоны окрашены в зелёный и голубой цвета и могут считаться рекомендованными для рекреационной деятельности и длительного пребывания.

ВЫВОДЫ

В результате проведённых исследований сделали выводы:

1. Распределение загрязняющих веществ определяется взаимодействием источников выбросов, атмосферных процессов и фотохимических реакций, включая инверсию температуры, тепловой остров, ослабление озонового слоя и сезонное изменение розы ветров. В зимний период на распределение загрязнителей оказывает критическое влияние термическая инверсия, формирующая устойчивый слой холодного воздуха у поверхности, что

препятствует вертикальному рассеиванию загрязняющих веществ. Дополнительный фактор — штиль, ограничивающий горизонтальное переносное рассеивание. В совокупности с эффектом городского теплового острова это создаёт условия для длительного удержания загрязнителей и локального превышения ПДК, увеличивая риск воздействия на здоровье населения.

2. Выявили источники загрязнения воздуха на исследуемых территориях.

Источники загрязнения воздуха на площади «Центральная»:

1. Автомобильные дороги (86 метров, 64 метра, 534 метра)
2. Близость ТЭЦ (до 2022 года), (4,5 км)
3. Близость шахты «Воркутинская» (3,65 км о места взятия пробы).

Источники загрязнения воздуха посёлок «Северный»:

1. Автомобильная дорога (1,16 км до дороги).
2. В 1,86 км от посёлка находится терриконы, которые выбрасывают в атмосферу большие концентрации угарного газа, сероводорода, других токсичных веществ. Пары, исходящие из отвала, разносятся далеко за пределы его непосредственного влияния.

Источники загрязнения воздуха в закрытом посёлке «Рудник»:

1. Железная дорога для перевозки угля с шахты «Воркутинская» (324 метра).
2. Близость шахты «Воркутинская» (1,85 км о места взятия пробы).

Источники загрязнения воздуха в тундре:

1. Близость шахты «Воркутинская» (6,84 км о места взятия пробы).
2. Железнодорожный транспорт (3,2 км до железной дороги).
3. Наиболее высокие концентрации SO_2 и NO_2 фиксируются в центральной части города. Основными источниками SO_2 выступают промышленные установки и сжигание угля, а NO_2 — транспортные потоки и локальные производственные процессы. В зимний период термическая инверсия создает устойчивый слой холодного воздуха у поверхности, препятствующий вертикальному перемешиванию атмосферных масс. Эти условия, в сочетании с эффектом городского теплового острова, приводят к длительному накоплению SO_2 и NO_2 и повышенной экспозиции для населения.
4. Наиболее загрязнёнными являются городские территории (Центральная площадь и железнодорожный вокзал), где концентрации SO_2 и NO_2 стабильно превышают ПДК из-за интенсивных антропогенных выбросов и неблагоприятных метеоусловий.

Поселок «Северный»: в летний период загрязнители частично рассеиваются северо-восточными ветрами, создавая градиент концентраций: от локальных очагов превышения ПДК, формируемых выбросов терриконов. Зимой, при инверсии и штиле, наблюдается накопление загрязняющих веществ, что снижает долю безопасных зон и увеличивает риск воздействия на здоровье жителей.

Рудник и тундра: на этих территориях концентрации загрязнителей остаются ниже ПДК. Расстояние от источников выбросов и оптимальное атмосферное

перемешивание обеспечивают эффективное рассеивание SO₂ и NO₂. Эти участки находятся в безопасной экологической зоне и могут рассматриваться как рекомендованные для постоянного пребывания и рекреации, обеспечивая минимальный уровень воздействия на организм.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Литература

1. РУКОВОДСТВО по ПРАКТИКЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ АВИАЦИЮ. Секретариат Всемирной Метеорологической Организации — Женева — Швейцария 2003, стр. 31
2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: Гигиенические нормативы, с изменениями, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 31.05.2018 №37.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2019.—55 с.
3. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: учебное пособие с комплектом карт-инструкций/ Под ред. К.х.н. А.Г. Муравьева. – СПб.: Кристмас+, 2017.

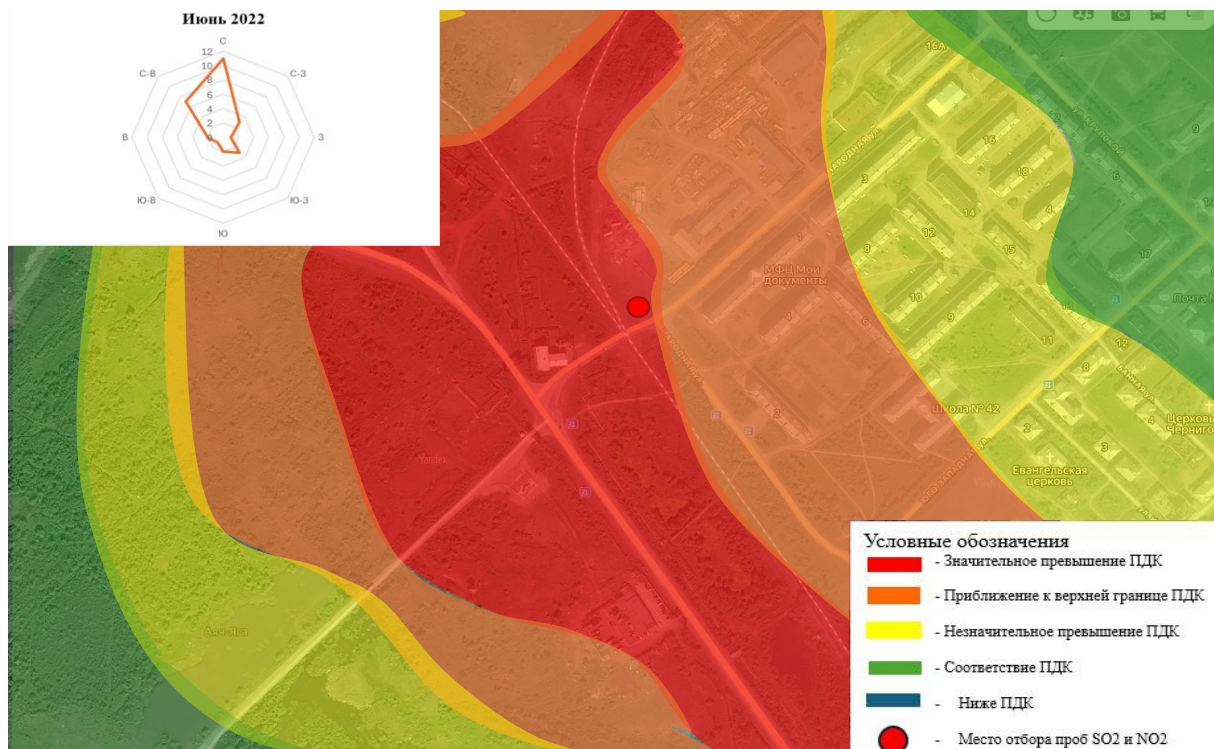
Интернет-ресурсы

4. <https://yandex.ru/pogoda/ru/blog/roza-ветров>
5. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=517224>

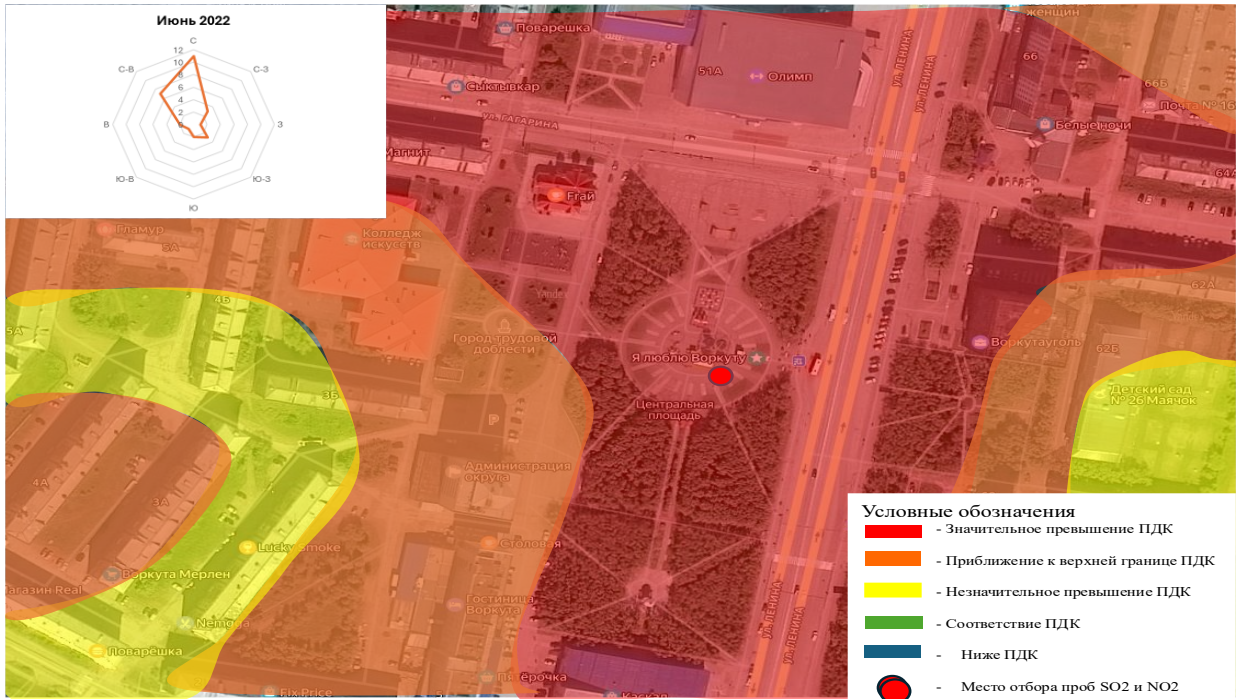
Экологические карты загрязнений SO₂ и NO₂ за июнь 2022 и 2024 года



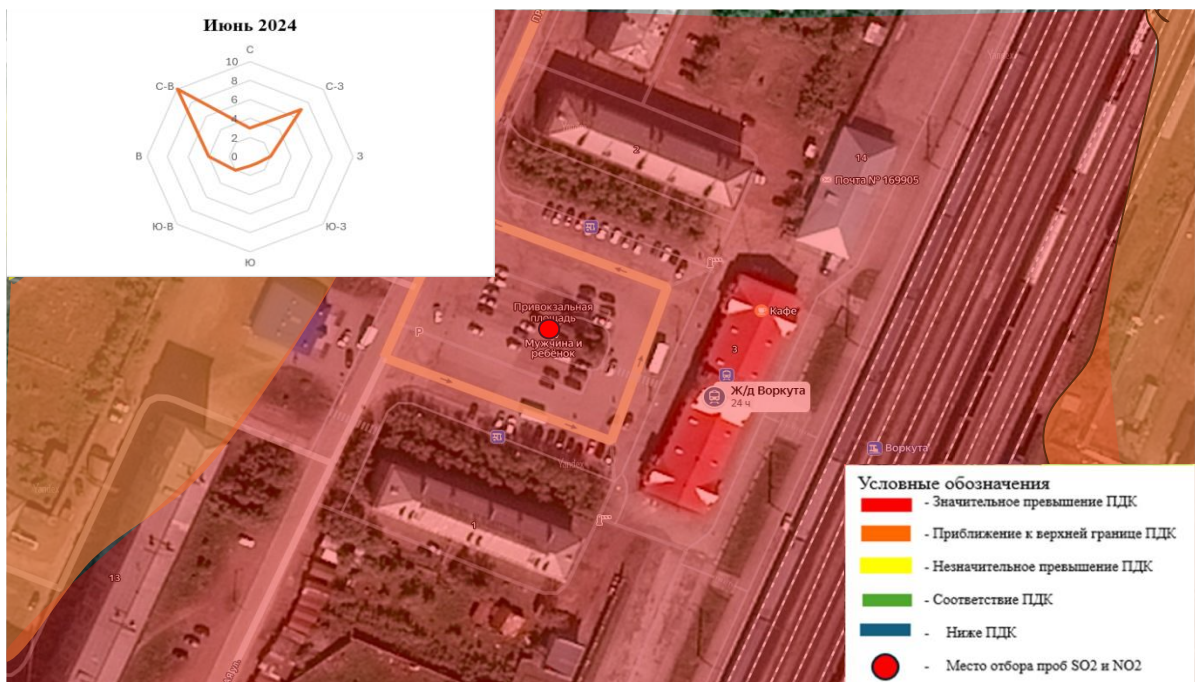
Карта 1. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂
на территории Железнодорожного вокзала за июнь 2022 года.



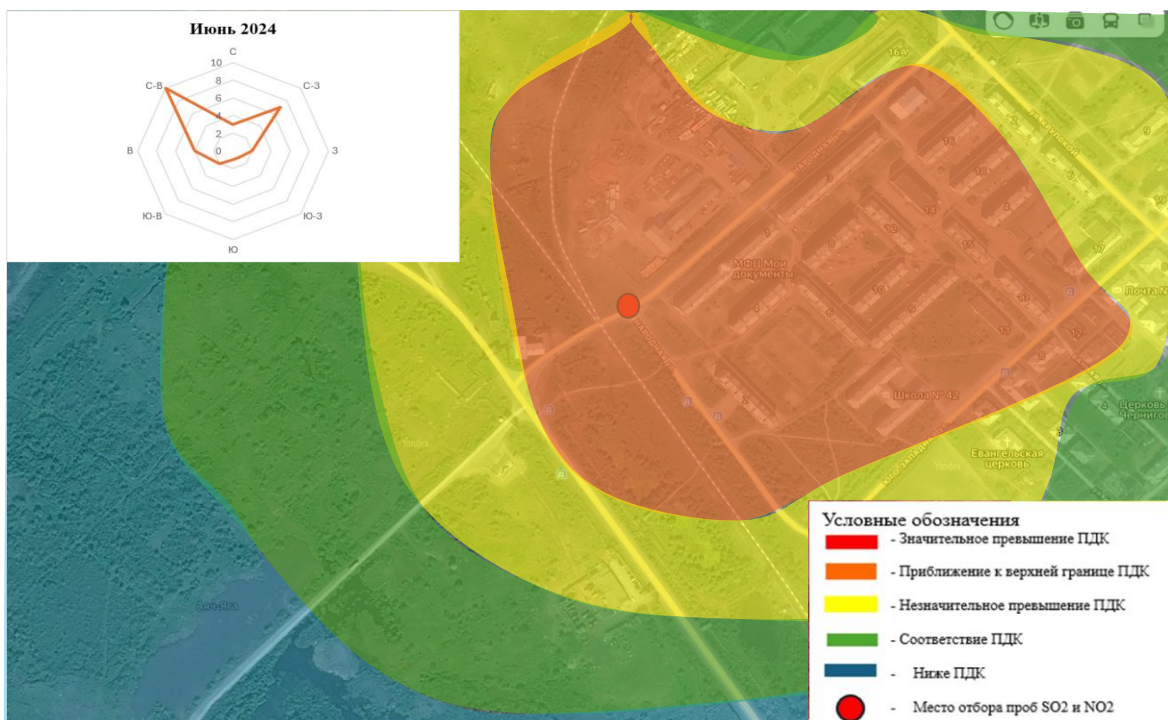
Карта 2. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂
на территории поселка «Северного» за июнь 2022 года



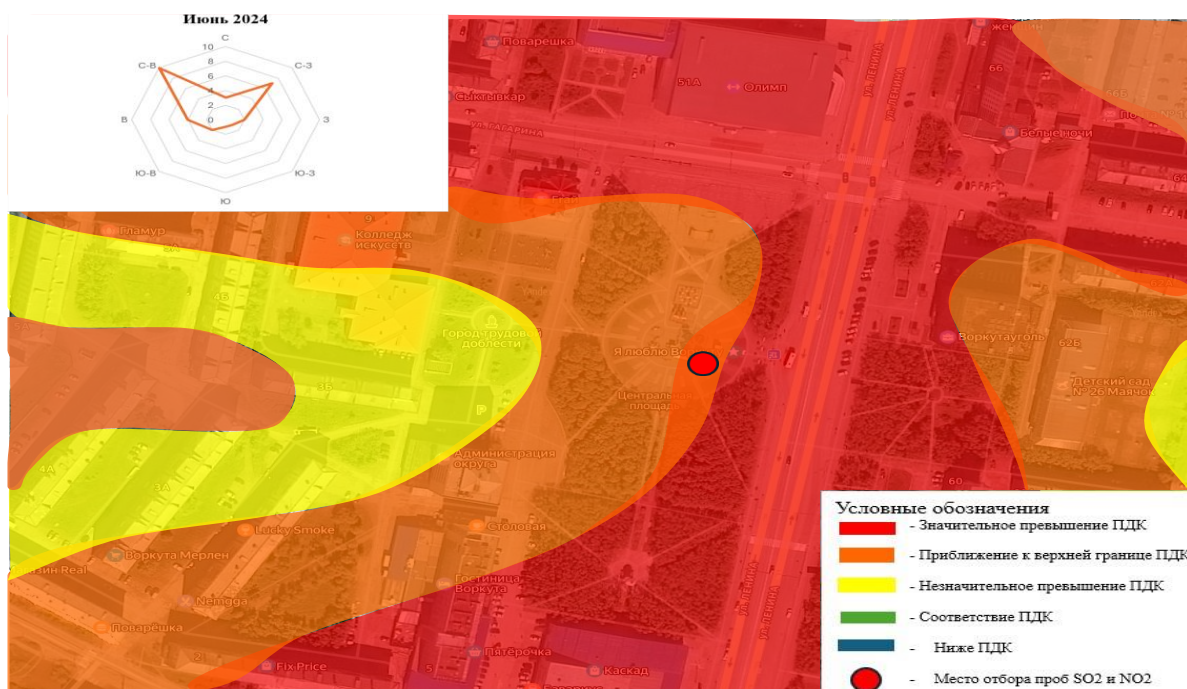
Карта 3. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории площади «Центральная» за июнь 2022 года.



Карта 4. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории Железнодорожного вокзала за июнь 2024 года.



Карта 5. Экологическая карта загрязнения NO₂ на территории поселка «Северный» за июнь 2024 года.



Карта 6. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории площади «Центральная» за июнь 2024 года

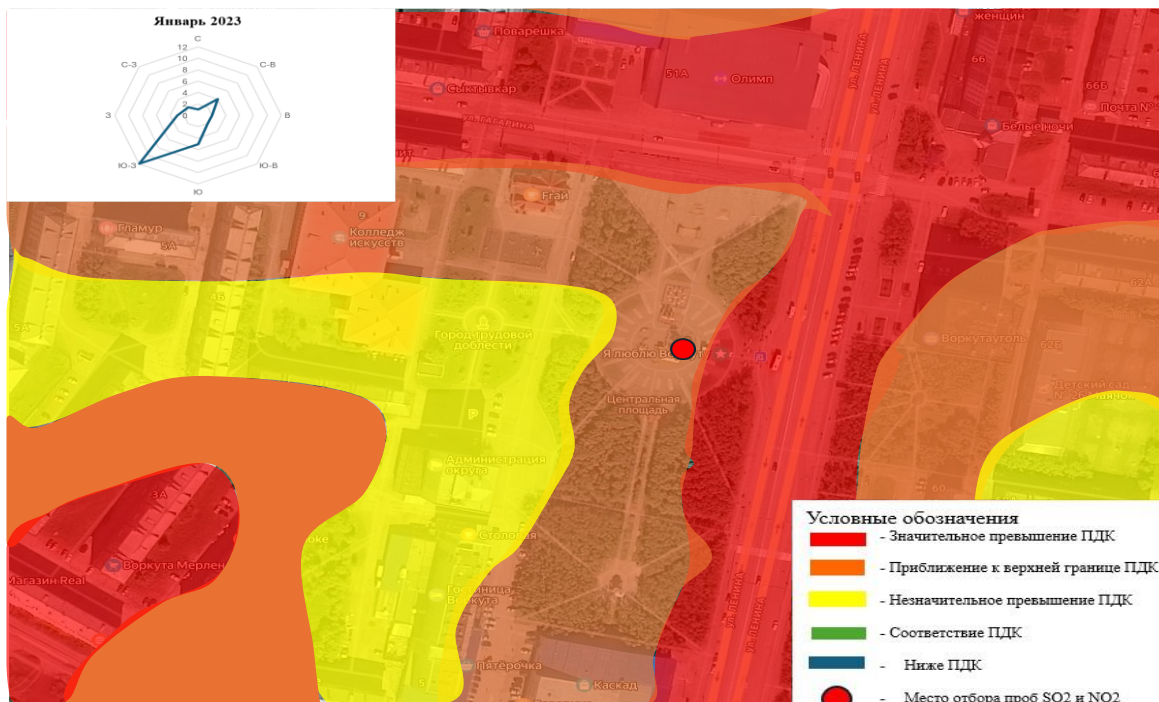
**Экологические карты загрязнений SO₂ и NO₂
за январь 2023 и 2025 года.**



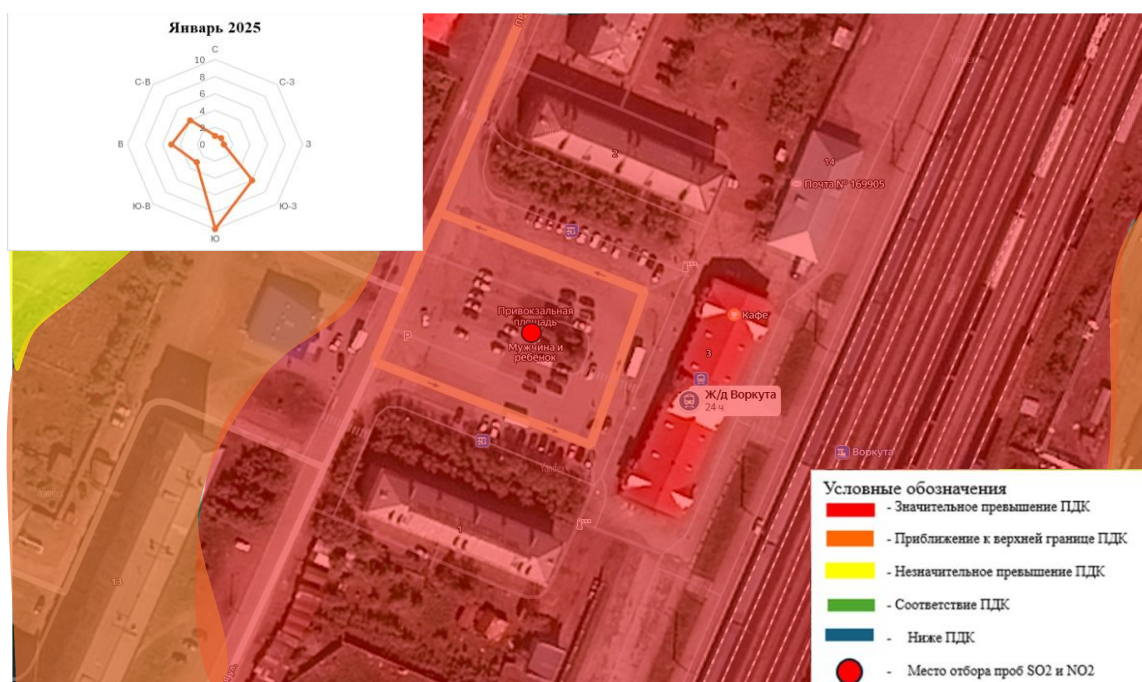
Карта 7. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории Железнодорожного вокзала за январь 2023 года.



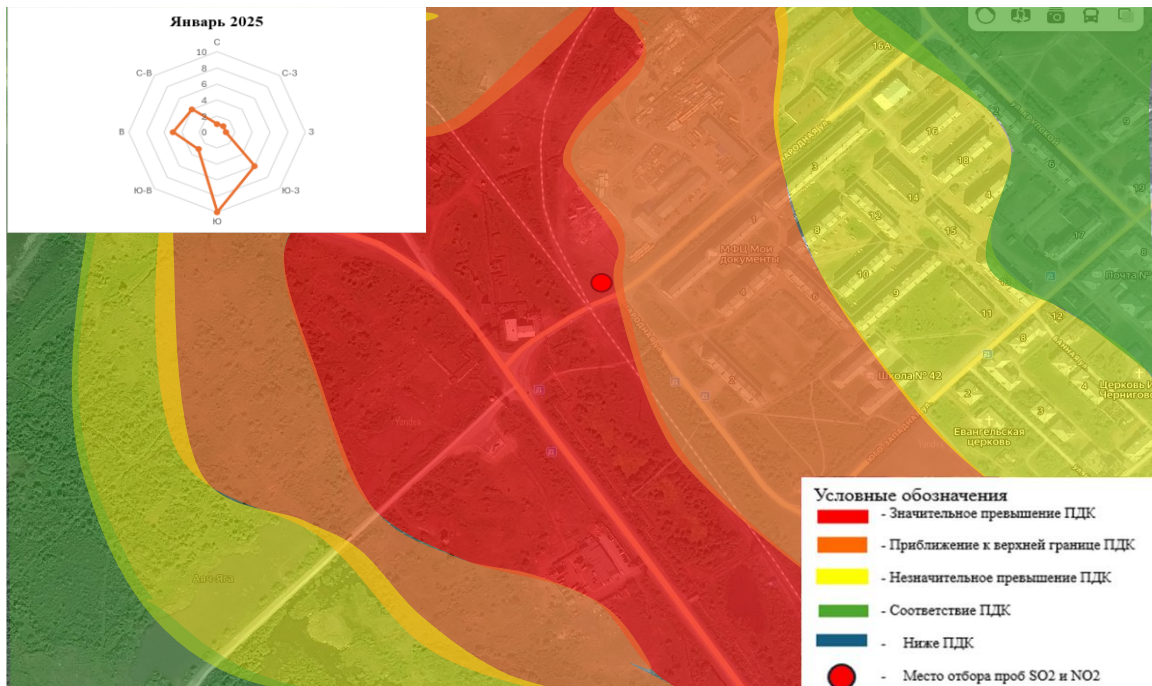
Карта 8. Экологическая карта загрязнения NO₂ на территории поселка «Северный» за январь 2023 года



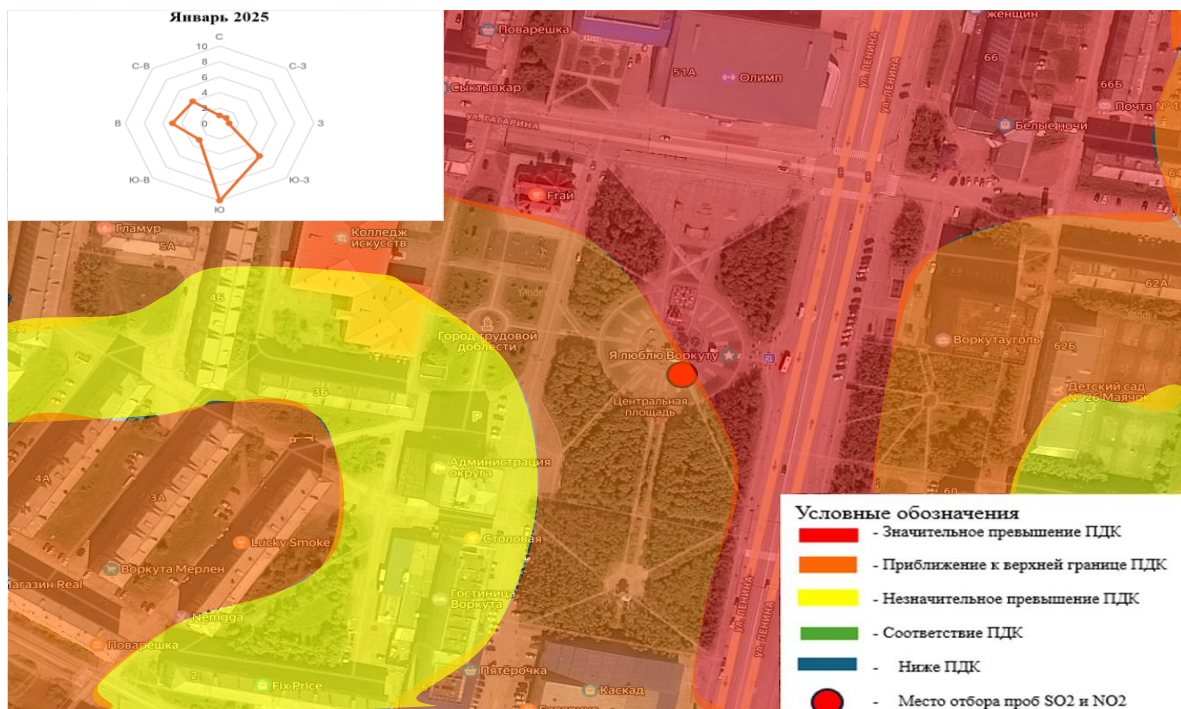
Карта 9. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории площади «Центральная» за январь 2023 г.



Карта 10. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории Железнодорожного вокзала за январь 2025 года.



Карта 11. Экологическая карта загрязнения NO₂ на территории поселка «Северный» за январь 2025 года.



Карта 12. Экологическая карта загрязнения SO₂ и NO₂ на территории площади «Центральная» за январь 2025 года.