Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

2.1.6. Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений,
санитарная охрана воздуха

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Методические рекомендации
МР 2.1.6.0157-19

Москва, 2019

gost.e-ecolog.ru

Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга. МР 2.1.6. 0154-19

1. Разработаны: Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, Д.А. Кирьянов, С.Ю. Балашов, В.М. Чигвинцев, С.А. Вековшинина); Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю (Д.В. Горяев, И.В. Тихонова), Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Забайкальскому краю (С.Э. Лапа), Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области (А.Н. Пережогин, И.Г. Жданова-Заплесвичко); ФБУН «ФНЦ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (С.Л. Авалиани, Т.А. Шашина, Т.С. Додина, В.А. Кислицин).

2. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой «2» декабря 2019 г.

3. Введены впервые.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации



А.Ю. Попова

«2» декабря 2019 г.

2.1.6. Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений,
санитарная охрана воздуха

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ЗАДАЧ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Методические рекомендации
МР 2.1.6.0157–19

I. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации (далее – МР) направлены на совершенствование информационно-аналитической поддержки системы государственного управления в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также на предупреждение, устранение или снижение вредного воздействия атмосферного воздуха на здоровье населения.

1.2. МР разработаны с целью обеспечения единого подхода к формированию программ мониторинга качества атмосферного воздуха на территории и получения полной объективной информации о параметрах экспозиции всего проживающего на данной территории населения и об основных источниках, формирующих риск для здоровья.

1.3. МР предназначены для специалистов органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, организаций и учреждений, осуществляющих работы по оценке экспозиции и риска для здоровья населения, научно-исследовательских организаций, образовательных организаций медицинского профиля, а также всех заинтересованных организаций-участников ведения социально-гигиенического мониторинга и организаций, занимающихся гигиенической оценкой качества атмосферного воздуха.

1.4. МР разработаны как для территорий, которые располагают сводными базами данных об источниках загрязнения[1] и результатами сводных расчетов, так и для территорий, которые не имеют доступа к перечисленной информации.

II. Общие положения

2.1. Общий перечень показателей и данных для формирования программ наблюдений за атмосферным воздухом и решения задач социально-гигиенического мониторинга регламентируется приказом Роспотребнадзора от 30.12.2005 № 810 [6], приказом Роспотребнадзора от 17.11.2006 № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими» [7].

Общие позиции организации лабораторного контроля факторов среды обитания при проведении социально-гигиенического мониторинга отражены в письмах Роспотребнадзора от 02.10.2006 № 0100/10460-06-32, от 28.01.2016 № 01/870-16-32 [12, 13].

2.2. Результаты инструментальных исследований качества воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга (далее - СГМ) должны обеспечивать решение основных задач, возложенных на СГМ:

– информационную поддержку гигиенических оценок (диагностики) состояния среды обитания;

– выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;

– подготовку предложений по принятию необходимых мер по устранению выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека;

– выявление индикаторов риска нарушения обязательных требований в ходе мероприятий по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями

2.3. Решение задач гигиенических оценок, включая оценку риска, достигается размещением мест отбора проб (постов наблюдений) как в зонах жилой застройки с наибольшими уровнями загрязнения, так и в зонах с наиболее типичными (средними для города) уровнями содержания примесей в атмосфере.

---

[1] Волкодаева М.В., Канчан Я.С. О применении в воздухоохранной деятельности сводных расчетов, использующих данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу // Сборник трудов к 15-летию НИИ Атмосфера. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2007. – С. 43-55.

2.4. Установление корректных причинно-следственных связей и построение моделей «концентрация (доза) – ответ (эффект)» требует размещения дополнительных точек мониторинга в зонах с наименьшими концентрациями.

2.5. Оценка эффективности воздухоохранных мероприятий и использование данных социально-гигиенического мониторинга как мероприятия по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями требуют размещения точек наблюдений, максимально ориентированных на зоны воздействия источников загрязнения, на которых реализуются эти мероприятия.

2.6. Система наблюдения должна учитывать экономические аспекты, возможно полно используя расчетные методы, и ориентироваться на минимально-достаточный объем лабораторных исследований.

2.7. Программы лабораторных исследований, выполняемых силами органов и организаций Роспотребнадзора, предпочтительно сопрягать с программами, реализуемыми на постах системы государственного экологического мониторинга Росгидромета. Оптимальным представляется взаимный межведомственный информационный обмен как первичными, так и обработанными данными.

2.8. Программы лабораторных исследований должны быть построены с учетом возможно полных данных об основных источниках загрязнения атмосферного воздуха на территории, включая источники промышленных предприятий, энергетики, коммунальной сферы и транспорта; базироваться на результатах предварительного пространственного анализа санитарно-эпидемиологической обстановки на территории.

2.9. Система выбора точек и программ мониторинга должна носить динамический характер и подлежать пересмотру и развитию на основе как расчетных данных, так и результатов натурных исследований за определенный период.

2.10 Используемые программы наблюдений (полная, неполная, сокращенная, суточная) на постах контроля атмосферных загрязнений, характеристика получаемых концентраций (разовая, среднесуточная, среднегодовая), варианты обработки полученных результатов (осреднение экспозиции) мониторинга качества атмосферного воздуха должны соответствовать конкретным задачам СГМ (таблица 1).

Таблица 1

Оценка качества атмосферного воздуха и возможность их использования в социально-гигиеническом мониторинге

Задачи СГМ	Вид обследования атмосферного воздуха (в соответствии с РД 52.04.186-89)	Реализуемая программа наблюдения	Характеристика получаемых концентраций	Вариант использования в СГМ	Примечание
Гигиеническая оценка диагностика) состояния среды обитания	– Эпизодическое – Комплексное	– Неполная – Сокращенная – Полная	– Разовые – Среднесуточные – Среднегодовые	Оценка качества атмосферного воздуха (на соответствие гигиеническим нормативам (ПДКм.р., ПДК с.с., ПДК с.г.)	
Скрининговая (ориентировочная) оценка риска здоровью	Эпизодическое	– Неполная – Сокращенная	Средние из разовых проб (ориентировочные суточные концентрации, ориентировочные годовые концентрации)	Скрининговая оценка риска (ущерба) здоровью при кратковременном (остром) воздействии (продолжительность оцениваемой экспозиции 24 ч.) с использованием показателей относительного риска (расчет дополнительного числа случаев неблагоприятных исходов воздействия) Скрининговая оценка риска и ущерба здоровью при хроническом (длительном) воздействии (продолжительность оцениваемой экспозиции 1 год, средняя за многолетний период (2-5 лет) с использованием ПДКс.г., референтных концентраций при хроническом воздействии, показателей относительного риска (расчет дополнительного числа случаев неблагоприятных исходов воздействия)	Минимально достаточное число исследований для получения ориентировочной годовой концентрации - 300 наблюдений за каждой примесью в каждой точке по полной или неполной программе.

Задачи СГМ	Вид обследования атмосферного воздуха (в соответствии с РД 52.04.186-89)	Реализуемая программа наблюдения	Характеристика получаемых концентраций	Вариант использования в СГМ	Примечание
Анализ риска здоровью (оценка и управление риском здоровью)	Комплексное	– Полная – Суточная	– Среднесуточные – Среднегодовые	Оценка риска (ущерба) здоровью при кратковременном (остром) воздействии (продолжительность оцениваемой экспозиции 24 ч.) с использованием показателей относительного риска (расчет дополнительного числа случаев неблагоприятных исходов воздействия) Оценка риска и ущерба здоровью при хроническом (длительном) воздействии (продолжительность оцениваемой экспозиции 1 год, средняя за многолетний период (2-5 лет) с использованием ПДКс.г., референтных концентраций при хроническом воздействии, показателей относительного риска (расчет дополнительного числа случаев неблагоприятных исходов воздействия) Разработка предложений по принятию управленческих решений по снижению риска здоровью населения Оценка результативности и эффективности управления риском для здоровья населения, при воздействии атмосферных загрязнений	Ограничение: не использовать в оценке риска здоровью при остром воздействии результаты разовых измерений (20-ти минутных). При оценке риска острых воздействий ориентироваться на результаты измерений, полученных на постах с суточной (непрерывной) программой наблюдения

Задачи СГМ	Вид обследования атмосферного воздуха (в соответствии с РД 52.04.186-89)	Реализуемая программа наблюдения	Характеристика получаемых концентраций	Вариант использования в СГМ	Примечание
Выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека	Комплексное	– Полная – Суточная	– Разовые – Среднесуточные – Среднегодовые	Исследование по выявлению причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека	
Выявление индикаторов риска нарушения обязательных требований в ходе мероприятий по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями	Эпизодическое, в том числе подфакельные	Суточная	– Разовые – Среднесуточные	Оценка качества атмосферного воздуха (на соответствие гигиеническим нормативам (ПДКм.р., ПДК с.с.)	Общее количество наблюдений на каждом расстоянии от объекта исследования за одной примесью должно быть не менее 50

III. Исходные данные для формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач СГМ

3.1. Для проведения предварительного пространственного анализа, выбора точек и обоснования содержания мониторинговых наблюдений используются:

3.1.1 при отсутствии сводных баз данных о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух:

а) данные о фактических и допустимых массах выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников хозяйствующих субъектов (источники данных: разрешения на выброс для хозяйствующих субъектов; с 2020 г. и далее – комплексные экологические разрешения; декларации о воздействии на окружающую среду; формы статистической отчетности 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха»; проекты санитарно-защитных зон и т.п.);

б) данные об интенсивности автомобильного движения на основных магистралях или участках улично-дорожной сети города [19-21];

в) векторная карта (топографический план) территории с нанесенными промышленными площадками, зонами селитебной застройки, улично-дорожной сетью. Рекомендуется формировать на векторной карте территории слой, отражающий плотность проживания населения. Рекомендуемые масштабы топоосновы для векторной карты от 1:2 000; 1:5000; 1:10 000;

г) среднемноголетняя роза ветров на территории (при необходимости с учётом среднемноголетней январской и среднемноголетней июльской);

д) данные о наличии в жилой застройке автономных источников теплоснабжения, эксплуатируемых с помощью угля, дров, иных видов топлива (источники данных: администрации муниципальных образований, специальные обследования, в т.ч. опросы населения и др.).

3.1.2 при наличии сводных баз данных об источниках загрязнения и результатов сводных расчетов:

а) параметры источников выбросов в соответствии с требованиями методических документов и программного обеспечения по расчетам рассеивания[2];

б) данные об интенсивности автомобильного движения на основных магистралях или участках улично-дорожной сети города;

в) метеорологические параметры, требуемые для расчетов концентраций разного периода осреднения для расчета острого и хронического воздействия;

г) результаты расчетов рассеивания по регулярной сетке и/или в расчетных точках;

д) векторная карта (топографический план) территории с нанесенными промышленными площадками, зонами селитебной застройки, улично-дорожной сетью, плотностью населения.

3.2. Анализ данных об источниках загрязнения дополняется анализом ретроспективных исследований, выполненных в рамках государственного

[2] Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное), Санкт-Петербург, 2014.

экологического мониторинга, социально-гигиенического мониторинга, контрольно-надзорных мероприятий государственных уполномоченных органов или производственного контроля хозяйствующих субъектов. Анализ позволяет исключить использование расчетных данных, существенно отличающихся от данных реальных уровней загрязнения (как в сторону занижения, так и в сторону завышения концентраций примесей), а также включать вещества, выбросы которых не указаны в отчетах промышленных предприятий, но фиксируются инструментальными методами, в том числе на уровнях выше гигиенических нормативов.

3.3. В качестве дополнительного критерия для выбора точек мониторинга могут быть использованы результаты пространственного анализа данных медицинской статистики о распространенности и/или уровне первичной заболеваемости населения по болезням, индикаторным в отношении качества среды обитания, в том числе атмосферного воздуха[3]. Такие данные формируются при геокодировании персонифицированных данных фондов обязательного медицинского страхования.

IV. Алгоритм (порядок) формирования программ наблюдения за атмосферным воздухом для СГМ при отсутствии сводных баз данных о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

4.1. Все селитебные территории покрываются регулярной сеткой. Шаг сетки определяется общей площадью территории и вычислительными возможностями разработчиков. Шаг сетки может составлять от 200 м х 200 м до 400 м х 400 м. Частая сетка обеспечивает максимально обоснованные выводы, однако и шаг сетки 400 м х 400 м также дает удовлетворительные для анализа результаты. Более крупная регулярная сетка представляется нецелесообразной, поскольку приземные концентрации в зонах влияния низких и средних по высоте источников выбросов изменяются по мере удаления от источника достаточно существенно и крупная сетка может «пропустить» высокие концентрации примеси.

4.2. В соответствии с пунктом 4.7 Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» для каждого хозяйствующего субъекта – источника выбросов загрязняющих веществ – выполняется расчет индексов сравнительной канцерогенной *(HRI$_c$)* и неканцерогенной *(HRI)* опасности по всем веществам.

4.3. Рассчитывается суммарный индекс канцерогенной (K_i^k) и неканцерогенной ($K_i^н$) опасности для предприятия (хозяйствующего субъекта в целом) по формуле (1):

$$Ki = \sum_{n=1}^{N} Ej * TWj, \text{ где} \qquad (1)$$

[3] Материалы ВОЗ по информационным системам в области здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды. URL: gost.e-ecolog.ru

E_j – величина условной экспозиции, формируемой j-той примесью, т/год;

TW_j – весовой коэффициент влияния на здоровье, принимаемый при расчете коэффициентов канцерогенной или неканцерогенной опасности в соответствии с таблицами 4.7 и 4.8 Р 2.1.10.1920–04[4];

N – число примесей, выбрасываемых хозяйствующим субъектом.

4.4. Каждое предприятие характеризуется коэффициентом, который представляет собой нормированный коэффициент «опасности» ($\widetilde{K}_i$), учитывающий коэффициенты канцерогенной и неканцерогенной опасности:

$$\widetilde{K}_i^H = \frac{K_i^H}{K_{\max}^H},\ \widetilde{K}_i^K = \frac{K_i^K}{K_{\max}^K},\ \widetilde{K}_i = \widetilde{K}_i^H + \widetilde{K}_i^K, \text{ где} \qquad (2)$$

i – номер предприятия;

$\widetilde{K}_i^H$ – нормированный коэффициент неканцерогенной опасности для i-го предприятия;

$\widetilde{K}_i^K$ – нормированный коэффициент канцерогенной опасности для i-го предприятия;

$K_{\max}^H$ – максимальный коэффициент неканцерогенной опасности для предприятий анализируемой территории;

$K_{\max}^K$ – максимальный коэффициент канцерогенной опасности для предприятий анализируемой территории.

4.5. Геометрический центр каждой i-ой промышленной площадки соединяется с центральной точкой каждого j-го квадрата расчетной сетки прямой линией (вектором L_{ij}) (векторы не строятся при удалении точки от хозяйствующего субъекта более чем на 20 км). Геометрический центр площадки неправильной формы находится по алгоритму, описанному в приложении Б (шаг 4).

4.6. Для расчета повторяемости ветра по направлению вектора L_{ij}, его направление соотносится с повторяемостью по векторам розы ветров. Коэффициент V_{ij}, характеризующий повторяемость ветра, по направлению вектора L_{ij}, вычисляется исходя из соседних с ним румбов розы ветров по формуле (3):

$$V_{ij} = \frac{\left(d_{ij} - d_{ij}^L\right)}{\left(d_{ij}^U - d_{ij}^L\right)}\left(V_{ij}^U - V_{ij}^L\right) + V_{ij}^L, \text{ где} \qquad (3)$$

---

[4] Раздел 4.7 Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

Численностью населения при расчете пренебрегают, принимая во внимание, что каждое предприятие может оказывать влияние на город в целом, при этом ослабление влияния учитывается через вектор удаленности объекта от расчетной ячейки сетки.

d_{ij} – направление вектора L_{ij}, град;

d_{ij}^{L}, d_{ij}^{U} – направление векторов румбов соседних для вектора L_{ij}, град;

V_{ij}^{L}, V_{ij}^{U} – повторяемость векторов румбов соседних для вектора L_{ij}.

4.7. Вычисляется коэффициент Q_{ij}, характеризующий силу влияния *i*-ой промышленной площадки на *j*-ый квадрат расчетной сетки:

$$Q_{ij} = \frac{1}{R_{ij}} V_{ij}, \text{ где} \qquad (4)$$

i – номер предприятия;

j – номер расчетной сетки;

V_{ij} – коэффициент, характеризующий повторяемость ветра, по направлению вектора L_{ij};

R_{ij} – расстояние от геометрического центра *i*-ой промышленной площадки до центральной точки *j*-го квадрата расчетной сетки, км.

4.8. Каждый квадрат расчетной сетки характеризуется суммарным коэффициентом опасности (S_j), который учитывает потенциальные воздействия хозяйствующих субъектов территории:

$$S_j = \sum_i \tilde{K}_i \cdot Q_{ij}, \text{ где} \qquad (5)$$

Q_{ij} – коэффициент, характеризующий силу влияния *i*-ой промышленной площадки на *j*-ый квадрат расчетной сетки, 1/км;

$\tilde{K}_i$ – нормированный коэффициент «опасности», учитывающий коэффициенты канцерогенной и неканцерогенной опасности.

4.9. На основании полученного анализа разрабатываются рекомендации по оптимизации системы мониторинга качества воздуха с учетом следующих аспектов:

– сеть точек мониторинга должна позволять оценивать риски не менее, чем для 95% населения территории;

– сеть должна быть оптимально плотной и распределенной по территории с учетом того, что репрезентативность инструментальных наблюдений снижается по мере удаления от поста[5]. Количество постов мониторинга качества атмосферного воздуха рекомендуется задавать исходя из численности населения анализируемой территории с учетом возможности увеличения числа постов на территориях с большим числом источников загрязнения: 1 пост – до 50 тыс. жителей, 2 поста – до 100 тыс. жителей, 2-3 поста – 100-200 тыс. жителей, 3-5 постов -200-500 тыс. жителей, 5-10 постов – более 500 тыс. жителей, 10-20 постов (стационарных и маршрутных) – более 1 млн. жителей. Необходимо

[5] Пункт 3.4.2 Р 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

дополнительно учитывать площадь поселения, принимая во внимание, что репрезентативность постов существенно снижается с удалением от места измерения и в условиях сложного рельефа местности;

– программа наблюдений должна включать все примеси, которые потенциально могут формировать превышение уровня приемлемого (допустимого) риска для здоровья человека или вносить в этот риск значительный вклад (от 10 до 100%). Приоритеты определяются по ранжированным показателям индексов неканцерогенной и канцерогенной опасности;

– программа может включать в себя вещества, маркерные (индикаторные) для предприятий с максимальными объемами выбросов и уровнем опасности по рассчитанным критериям $\widetilde{K}_i$;

– должны быть предусмотрены (в рамках маршрутных или подфакельных исследований) измерения качества атмосферного воздуха в зонах влияния наиболее значимых источников выбросов, в том числе тех, на которых хозяйствующие субъекты планируют или реализуют воздухоохранные мероприятия.

Пошаговый алгоритм выбора приоритетных примесей для мониторинга и точек отборов проб приведен в приложении Б.

4.10. В качестве альтернативного варианта определения размещения постов мониторинга при отсутствии сведений о параметрах источников выбросов предлагается принять условие, когда источники предприятия будут представлены одним источником преобладающего типа и выполнены расчеты рассеивания по типу «сводных расчетов по городу». Примерный алгоритм таких действий приведен в приложении В.

V. Алгоритм (порядок) формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии сводных баз данных о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.1. На основе сводной базы данных о стационарных и передвижных источниках выбросов выполняют расчеты рассеивания химических веществ с расстановкой расчетных точек или регулярной сетки на всей селитебной территории города.

5.2. Расчеты рассеивания примесей с оценкой максимальных разовых и среднегодовых концентраций веществ в приземном слое атмосферы выполняют с использованием любой сертифицированной программы, реализующей алгоритм методических документов, принятых для Российской Федерации как общеприменимые.

5.3. Формируют базу данных, в которой каждая расчетная точка характеризуется совокупностью концентраций N ингредиентов. База данных представляет собой матрицу, построенную на базе выходных файлов результатов расчета.

5.4. Базу расчетных данных верифицируют данными натурных исследований. Анализ предусматривает критическую оценку результатов расчетов рассеивания с позиций их соответствия реально наблюдаемым данным.

При существенном расхождении расчетных и натурных данных предпочтение отдается результатам инструментальных измерений.

Рекомендуется выполнение автоматизированного сопряжения расчетных и натурных данных методом, представленным в приложении А.

5.5. На основе полученных данных в каждой расчетной точке сетки вычисляют параметры канцерогенного и острого и хронического неканцерогенного риска с использованием стандартных процедур[6]:

– рассчитывают коэффициенты опасности каждой примеси;

– рассчитывают индексы неканцерогенной опасности для критических органов и систем при кратковременных и/или хронических воздействиях;

– рассчитывают уровни индивидуального канцерогенного риска.

5.6. Формируют массив пространственных данных, где каждая расчетная точка с координатами (X;Y) характеризуется индексом опасности для критических органов и систем при остром ($HIac_i$), хроническом ($HIcr_i$) воздействии и величиной индивидуального канцерогенного риска (CR_i) (6):

$$\{R(x;y)\}^T = \{CR_1 \ldots CR_l, HIac_1 \ldots HIac_i, HIcr_1 \ldots HIcr_i\}, \text{ где} \qquad (6)$$

– CR – индивидуальный канцерогенный риск;

– $HIac_i$ – индекс опасности нарушения i-го вида при остром воздействии;

– $HIcr_i$ – индекс опасности нарушения i-го вида при хроническом воздействии.

Поскольку параметры канцерогенного и неканцерогенного риска имеют разную размерность, перед проведением процедуры кластеризации объекты (параметры) стандартизируют (7):

$$Y = \frac{X - \overline{X}}{S}, \text{ где} \qquad (7)$$

X – исходное значение параметра;

Y – стандартизированное значение параметра;

$\overline{X}$ - среднее значение параметра;

S – стандартное отклонение.

5.7. Совокупность точек подвергают процедуре кластерного анализа с использованием стандартных методов, которые позволяют разбить изучаемую совокупность расчетных точек на группы «схожих» по системе параметров кластеров. Процедура может быть выполнена в любом стандартизованном пакете программ по статистическому анализу, реализующем метод «сортировки ближайших центроид».

5.8. Количество кластеров (число стационарных постов мониторинга качества атмосферного воздуха) рекомендуется задавать исходя из численности населения анализируемой территории с учетом возможности увеличения числа

---

[6] Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

постов на территориях с большим числом источников загрязнения (раздел 2.2 РД 52-04.186)[7].

В границах каждого кластера выбирают точку мониторинга с учетом наибольшей плотности экспонируемого населения (>75% P^Nmax по кластеру) и параметров формируемого риска. Параметры риска в выбранных реперных точках с высокой плотностью населения соотносят с критериями приемлемости риска и относят к какому-либо рангу согласно таблицы 2.

Таблица 2

Критерии ранжирования параметров риска для здоровья населения в кластерах для формирования программ мониторинга качества атмосферного воздуха

Степень приоритетности загрязняющих веществ	Показатель риска здоровью населения	Ранг
Низкая (уровень De minimis)	$CR < 10^{-6}$ и/или $HQ<1$	IV
Средняя	$10^{-6} < CR < 10^{-4}$ и/или $HQ=1$	III
Высокая	$10^{-4} < CR < 10^{-3}$ и/или $1<HQ<5$	II
Максимальная (уровень De manifestis Risk)	$10^{-3} < CR$ и/или $HQ>5$	I

Примечание: обозначения в тексте.

В каждой реперной точке ранги суммируются, и точка с наименьшей суммой рангов является оптимальной для расположения поста наблюдения качества атмосферного воздуха в данной зоне (кластере).

Для принятия окончательного решения о размещении предлагаемого поста наблюдения СГМ во внимание принимается отсутствие в непосредственной близости от предлагаемой точки промышленных предприятий и крупных автомагистралей, а также то, что эта точка должна располагаться в окружении селитебной застройки на открытой, проветриваемой площадке с твердым покрытием.

Дополнительно при необходимости ведения наблюдений за конкретными источниками выбросов выбирают точки, характеризующие влияние источника или группы источников. При выборе точки мониторинга для данной задачи целесообразным представляется предварительный расчет расстояния от источника, на котором можно регистрировать наибольшие концентрации маркерных для предприятия примесей.

5.10. Для каждого поста мониторинга формируют программу наблюдения (полная, неполная, сокращенная программа или система подфакельных исследований) и определяют перечень веществ, подлежащих измерению.

В программу включают все примеси, которые в сумме вносят не менее 80% в недопустимые уровни неканцерогенного (острого и хронического) и

[7] Раздел 2.2 РД 52-04.186 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

канцерогенного риска для здоровья, включая в обязательном порядке все примеси, коэффициенты опасности которых превышают допустимые уровни.

5.11. Для целей гигиенических оценок санитарно-эпидемиологической ситуации на территории, включая оценку рисков для здоровья, рекомендуется проведение исследований на посту по полной или неполной программе, что позволило бы в течение года получить не менее 300 разовых измерений концентраций примесей[8] и обеспечить статистически достоверные данные о качестве атмосферы и уровнях рисков для здоровья[9].

5.12. В точках, выбранных для целей мониторинга влияния конкретных источников на уровень загрязнения атмосферы, использования этих данных как мероприятий по контролю без взаимодействия с хозяйствующим субъектом, а также для последующей оценки эффективности воздухоохранных мероприятий на посту мониторинга рекомендуется проведение измерений при направлениях ветра, когда загрязнение с наибольшей степенью вероятности переносится от источника загрязнения в зону наблюдения. Число разовых измерений в течение года должно составлять не менее 50 для каждой примеси.

5.13. Число точек и наблюдаемых примесей в рамках СГМ может быть существенно сокращено, если посты сети экологического мониторинга репрезентативны, расположены в зонах с разными уровнями рисков для здоровья населения и на них ведутся систематические измерения концентраций примесей, отнесенных к группе «приоритетных» в соответствии с п. 5.10. Ключевым моментом в такой ситуации является взаимный обмен информацией между системами мониторинга в интересах обеспечения безопасной и комфортной среды обитания населения.

Допустимо не осуществлять наблюдения в малых поселениях, в которых по данным ретроспективных наблюдений регистрируется удовлетворительная санитарно-гигиеническая ситуация, отсутствуют постоянные источники загрязнения атмосферного воздуха мощностью более 10 т/год (при отсутствии в выбросах химических веществ 1 и 2 классов опасности) и/или 5 т/год (при наличии в выбросах химических веществ 1 и 2 классов опасности) и отсутствуют жалобы населения на качество атмосферного воздуха.

Пошаговый алгоритм выбора приоритетных примесей для мониторинга и точек отборов проб по результатам расчетов рассеивания приведен в приложении Г.

VI. Количественная оценка экспозиции населения по результатам контроля качества атмосферного воздуха

6.1. Экспозиция (воздействие) – контакт организма человека с химическим веществом. Величина экспозиции определяется как измеренное или рассчитанное количество химического вещества, находящееся в соприкосновении с так называемыми пограничными органами (легкие, кожа) в течение какого-либо точно установленного времени.

---

[8] Пункт 3.4.2 РД 52-04.186 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

[9] РД 52.04.667 «Документы о состоянии загрязнения в городах для информирования государственных органов, общественности и населения» - указывает на необходимость проведения не менее 300 разовых наблюдений на одном посту наблюдения за одной примесью.

6.2. Оценка экспозиции (воздействия) – определение или оценка (качественное и количественное) выраженности, частоты, продолжительности и путей воздействия. Этот этап включает особенности экспонируемых популяций, определение источников и характера эмиссий, оценку поведения, распространения загрязнений в окружающей среде с анализом процессов трансформации и деградации, с установлением условий, при которых происходит воздействие на человека.

6.3. При оценке экспозиции устанавливается количественное поступление химического вещества в организм разными путями (ингаляционным, накожным) в результате контакта с объектом окружающей среды (воздухом).

6.4. Экспозиция выражается как общее количество или концентрация вещества в окружающей среде (например, мг, мг/м^3), или как величина воздействия – масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/день), или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела (например, мг/(кг × день)).

6.5. Использование результатов контроля качества атмосферного воздуха за соблюдением максимальных разовых ПДК (ПДКмр) целесообразно для оценки и предотвращения появления запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций у населения, а также острого влияния атмосферных загрязнений на здоровье в период кратковременных подъемов концентраций.

6.6. Использование результатов контроля качества атмосферного воздуха за соблюдением среднесуточных ПДК (ПДКсс) целесообразно для оценки и предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье населения при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм, а также для целей оценки риска здоровью населения.

6.7. Оценку экспозиции по данным мониторинга объектов окружающей среды с целью ориентировочной (скрининговой) оценки риска здоровью для дальнейшего выявления территорий с необходимостью более углубленного контроля (исследования), следует проводить с использованием сведений, ретроспективно характеризующих уровни загрязнения объектов окружающей среды, качество которых должно соответствовать требованиям к организации лабораторного контроля за факторами среды обитания в рамках социально - гигиенического мониторинга (глава 1 «Общие положения», таблица).

6.8. Оценка концентрации в точке воздействия должна быть основана на всех пробах, собранных в исследуемой зоне.

6.9. Среднесуточные концентрации определяют как среднее арифметическое значение разовых концентраций, полученных по полной программе через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1, 7, 13, 19 часов[10], а также по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества определяют как среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

6.10. Надежная оценка среднегодовых концентраций, рассчитываемых на основе полученных среднесуточных концентраций, возможна при наличии среднесуточных концентраций, охватывающих не менее трех периодов года.

---

[10] ГОСТ 17.2.3.01 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества атмосферного воздуха населенных пунктов».

6.11. Оценка экспозиции по данным мониторинга качества атмосферного воздуха с целью оценки риска здоровью позволяет:

– определить фактическое воздействие для конкретной местности на исследуемой территории (например, «горячие» точки);

– определить территории для более углубленного контроля (исследования);

– определить главный путь поступления химического вещества в организм;

– подтвердить наличие или отсутствие потенциального загрязнения на исследуемой территории.

6.12. Результаты мониторинга качества атмосферного воздуха могут считаться не применимы для оценки влияния на здоровье (оценки риска здоровью населения), если:

– точки экспозиции на население пространственно изолированы от точек мониторинга;

– аналитические данные охватывают лишь часть тех примесей, которые действительно приоритетны, и/или присутствуют в атмосферном воздухе, причем они привязаны к конкретному посту наблюдения, а число постов недостаточно;

– временное распределение данных отсутствует (типичной ситуацией является сбор данных о качестве окружающей среды за ограниченный интервал времени; такие данные хорошо характеризуют условия на момент исследования, однако не отражают продолжительные или очень кратковременные воздействия);

– данные мониторинга ограничены пределом количественного определения химического вещества в среде.

VII. Использование результатов наблюдений за атмосферным воздухом в системе принятия решений

7.1. Для формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, организации предупредительных и минимизирующих негативное воздействие на население санитарно-эпидемиологических мероприятий, принятия корректных управленческих решений проводят дополнительный анализ показателей и данных качества атмосферного воздуха на исследуемой территории, полученных в результате социально-гигиенического мониторинга.

7.2. Для этого в зонах недопустимого уровня рисков рассчитывают долевой вклад отдельных источников (предприятий, автотранспорта, автономных источников) в суммарный риск по соотношению (8):

$$\Delta(x;y)^{i} = \left(Risk^{i} / Risk^{summ}\right) * 100, \text{ где} \qquad (8)$$

$\Delta(x;y)^{i}$ – долевой вклад источника в параметр риска в каждой точке расчетной сетки;

$Risk^{i}$ – уровень риска, создаваемый источником опасности в каждой точке расчетной сетки;

$Risk^{summ}$ – суммарный уровень риска всех источников (на данной территории) в каждой точке расчетной сетки.

Ведущими источники загрязнения атмосферного воздуха считаются объекты (предприятия, автотранспорт, иные источники), формирующие долевой вклад в показатель риска или суммарную концентрацию более чем на 50%.

7.3. Выполняется анализ системы мер, направленных на снижение загрязнения ведущими источниками загрязнения. Данные являются базой для оценки остаточных рисков и вкладов в них после реализации хозяйствующими субъектами или иными лицами воздухоохранных мероприятий.

Результаты оценки вкладов отдельных хозяйствующих субъектов в недопустимые риски для здоровья могут рассматриваться как инструмент обоснования привлечения средств предприятий для проведения направленных медико-профилактических мероприятий в отношении населения, длительно проживающего в зонах повышенного риска для здоровья.

VIII. Рекомендуемый алгоритм взаимодействия управлений Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации и федеральных бюджетных учреждений здравоохранения – центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации при выполнении функции по подготовке программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха при проведении социально-гигиенического мониторинга

8.1. Управление Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации:

8.1.1. организует систему наблюдения и сбора информации в целях подготовки программы наблюдений;

8.1.2. организует взаимодействие с организациями – участниками социально-гигиенического мониторинга по обмену информацией;

8.1.3. осуществляет согласование и утверждение «Программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха при проведении социально-гигиенического мониторинга», подготовленной федеральным бюджетным учреждением здравоохранения - центром гигиены и эпидемиологии в субъекте Российской Федерации.

8.2. Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения - центр гигиены и эпидемиологии в субъекте Российской Федерации Роспотребнадзора с использованием методологии, изложенной в настоящих методических рекомендациях:

8.2.1. осуществляет сбор информации в целях подготовки программы наблюдений;

8.2.2. взаимодействует с организациями – участниками социально-гигиенического мониторинга по обмену информацией;

8.2.3. осуществляет подготовку проекта «Программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха при проведении социально-гигиенического мониторинга» и направляет в Управление Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации для утверждения.

Список нормативно-методических документов

1. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

2. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

3. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2006 № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга».

5. Приказ Роспотребнадзора от 26.04.2005 № 385 «Об организации работы по социально-гигиеническому мониторингу»

6. Приказ Роспотребнадзора от 30.12.2005 № 810 «О Перечне показателей и данных для формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга».

7. Приказ Роспотребнадзора от 17.11.2006 № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими».

8. Приказ Роспотребнадзора от 05.12.2006 № 383 «Об утверждении Порядка информирования органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и населения о результатах, полученных при проведении социально-гигиенического мониторинга».

9. Приказ Роспотребнадзора от 31.01.2008 № 35 «О критериях определения минимально необходимого уровня организации и проведения социально-гигиенического мониторинга».

10. Приказ Роспотребнадзора от 20.09.2010 № 341 «Об утверждении методических рекомендаций по социально-гигиеническому мониторингу»

11. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

12. Письмо Роспотребнадзора от 02.10.2006 № 0100/10460-06-32 «Об организации лабораторного контроля при проведении социально-гигиенического мониторинга».

13. Письмо Роспотребнадзора от 28.01.2016 № 01/870-16-32 «Законодательное и методическое обеспечение лабораторного контроля за факторами среды обитания при проведении социально-гигиенического мониторинга».

14. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».

15. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

16. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

17. ГОСТ Р 56162 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории».

18. ГОСТ 32965 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».

19. Методические рекомендации № 2001/83 «Методика проведения социально-гигиенического мониторинга».

20. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное), Санкт-Петербург, ОАО «НИИ Атмосфера», 2014.

21. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов», 2010.

Приложение А
к МР 2.1.6.0157 -19

Верификация расчетных данных данными натурных исследований качества атмосферного воздуха для задач пространственного гигиенического анализа

Методы линейной интерполяции и экстраполяции используются для анализа пространственного распределения концентраций примесей в работе органов и организаций Роспотребнадзора при проведении исследований, расследований, санитарно-эпидемиологических экспертиз, определении фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов и установления предельно допустимых выбросов, оценке неопределенности измерений характеристик качества воздуха, полученных усреднением по времени и др.

Использование данных методов при анализе натурных измерений, полученных в процессе мониторинга атмосферного воздуха на территории населенных пунктов вследствие ограниченного числа постов наблюдений, не дает целостного пространственного представления о загрязнении воздушной среды и не всегда позволяет корректно оценить экспозицию населения на участках, удаленных от постов наблюдения.

Использование методов аппроксимации при проведении расчетного моделирования приземных концентраций от совокупности стационарных и передвижных источников выбросов на территории позволяет получить надежную пространственную оценку экспозиции, однако точность расчетов недостаточно высока.

Моделирование пространственного распределения натурных инструментальных исследований методами интер – и экстраполяции с использованием расчетных данных позволяет минимизировать неопределенности каждого метода в отдельности и получить наиболее точные результаты при условии корректных способов аппроксимации данных.

Описанный ниже методический подход содержит алгоритм пространственной аппроксимации результатов натурных исследований качества атмосферного воздуха, выполненных на стационарных постах наблюдения, с использованием результатов сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ на исследуемой территории.

1. С целью аппроксимации[11] натурных концентраций, загрязняющих веществ с использованием расчетных данных для пространственного анализа вычисляют коэффициенты соответствия по соотношению (1.1):

---

[11] Аппроксимация или приближение – математический метод, состоящий в замене одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным, но более простыми. Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или более удобных объектов. Разновидностями аппроксимации являются методы интерполяции, экстраполяции и др.

$$K_i = \frac{C_i^r}{C_i^p}, \qquad (1.1)$$

где i – номер поста;

C_i^r – расчетные концентрации загрязняющего вещества на i-м посту наблюдений;

C_i^p – фактические концентрации загрязняющего вещества на i-м посту наблюдений.

2. Методом триангуляции Делоне[12] соединяют все точки постов непересекающимися отрезками так, чтобы новый отрезок уже нельзя было добавить без пересечения с имеющимися (рис. А1).

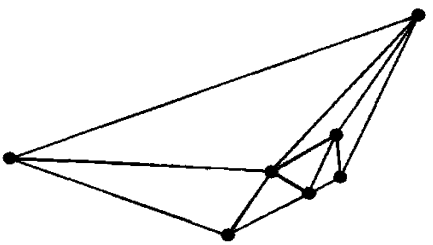

Рисунок А1 – Триангуляция точек постов наблюдений

3. Определяют принадлежность каждой точки, расположенной внутри многоугольника, образуемого внешними точками постов наблюдения, к одному из получившихся треугольников по следующему алгоритму:

– точка соединяется отрезками с вершинами каждого из треугольников;

– если площадь исходного треугольника равна сумме площадей образовавшихся трёх треугольников $S = S_1 + S_2 + S_3$, то считается, что точка принадлежит данному треугольнику;

– если $S < S_1 + S_2 + S_3$, то данная точка не принадлежит данному треугольнику.

4. Рассчитывают значения коэффициента соответствия во всех точках внутри многоугольника следующим образом:

– считают, что распределение коэффициента соответствия внутри многоугольника, образуемого точками постов наблюдения, представляет собой непрерывную линейную функцию двух переменных, которая может быть записана в следующем виде (1.2):

---

[12] Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. - 128с.

$$K(x,y) = a_0 + a_1 x + a_2 y, \tag{1.2}$$

где a_0, a_1, a_2 – произвольные постоянные коэффициенты.

– коэффициенты соответствия на постах, образующих треугольник, обозначают, как k_1, k_2, k_3;

– получают систему трех линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов a_0, a_1, a_2 (1.3):

$$k_i \equiv K(x_i, y_i) = a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i, \; i = \overline{1,3}. \tag{1.3}$$

– решив систему (1.3), получают однозначное выражение функции (1.2) через ее узловые значения и значения коэффициентов во всех точках, лежащих внутри многоугольника, образуемого точками постов наблюдения – интерполяция[13] коэффициентов соответствия (рисунок А.2).

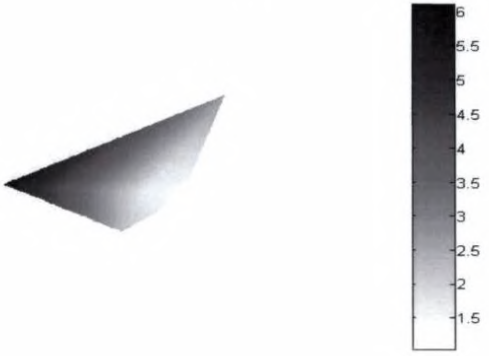

Рисунок А.2 – Интерполяция коэффициентов соответствия

5. Проводят экстраполяцию[14] значений коэффициента соответствия для точек, лежащих вне полученного многоугольника. Значения коэффициента для этих точек принимают равными коэффициентам в ближайшей точке, лежащей на границе многоугольника образуемого точками постов наблюдения.

6. В результате этих действий получают аппроксимированные значения коэффициента соответствия во всех узлах регулярной сетки (рисунок А.3).

---

[13] Интерполяция – способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений, полученных экспериментальным путём или методом случайной выборки. Интерполяцией называют такую разновидность аппроксимации, при которой кривая построенной функции проходит точно через имеющиеся точки данных.

[14] Экстраполяция (от экстра… и лат. polio – приглаживаю, выправляю, изменяю) – особый тип аппроксимации (приближения), при котором функция аппроксимируется не между заданными значениями, а вне заданного интервала; общее значение – распространение выводов, полученных из наблюдения над одной частью явления, на другую часть его.

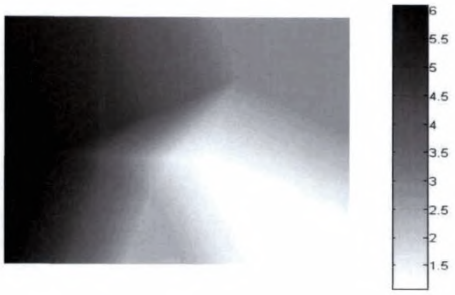

Рисунок А.3 – Аппроксимированные значения коэффициента соответствия

7. Производят расчет концентраций загрязняющих веществ в каждой точке расчетной сетки на исследуемой территории согласно формуле (1.4):

$$C^r(x,y) = K(x,y) \cdot C^p(x,y), \text{ где} \qquad (1.4)$$

C^r – аппроксимированные концентрации загрязняющего вещества в расчетной точке (x, y);

К – коэффициент соответствия в расчетной точке (x, y);

C^p – суммарные расчетные концентрации (от стационарных источников выбросов и автотранспорта) загрязняющего вещества в расчетной точке (x, y).

8. Полученные результаты представляют собой приземные концентрации загрязняющих веществ в точках регулярной сетки, покрывающей системно всю исследуемую территорию, где линейная интер – и экстраполяция данных стационарных постов наблюдения скорректирована с учетом особенностей распространения примесей от реальных источников загрязнения атмосферного воздуха – промышленных предприятий, автомагистралей и т.п., полученных расчетным путем.

По верифицированным данным концентраций в точках регулярной сетки строят карты загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории.

9. Расчет коэффициента можно выполнить с помощью программы, реализующей представленный выше алгоритм на любом распространенном языке программирования.

Полученная информация позволяет в дальнейшем:

– строить изолинии загрязнения по каждому загрязняющему веществу;

– выполнять корректное гигиеническое зонирование территорий по совокупности показателей;

– реализовать задачи выделения проблемных зон, участков и т.п.

Приложение Б
к МР 2.1.6. 0154 -19

Пример реализации алгоритма формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач социально-гигиенического мониторинга при отсутствии на территории сводных баз данных и расчетов рассеивания

Шаг 1. Территория покрывается регулярной сеткой. На карту наносятся селитебные территории, промышленные площадки. Геометрические центры промплощадок связываются с каждой ячейкой расчетной сетки векторами L (рисунок Б1). Векторы визуально на карту могут не наноситься, строится таблица векторов.

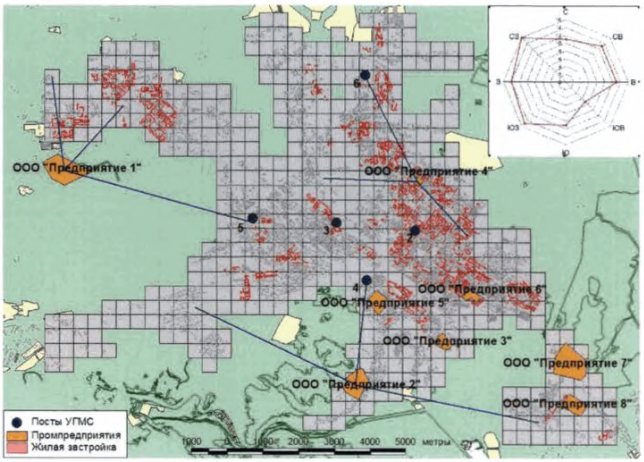

Рисунок Б1. Покрытие территории расчетной сеткой и построение системы векторов

Шаг 2. Для каждого предприятия на основании данных о массах выбросов рассчитываются индексы сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности (таблица Б1).

Таблица Б1

Индексы сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности предприятий

Название предприятия	Сумма по полю выброс, т/год	Сумма по полю индекс сравнительной опасности, HRI	Сумма по полю Коэффициент канцерогенной опасности, HRIc
ООО "Предприятие 1"	27 391,81	2 664 273,47	398 899,10
ОАО "Предприятие 2"	129,14	827 707,91	441,81
ООО "Предприятие 1», пл. 2	5 878,96	247 570,84	42 548,28

Название предприятия	Сумма по полю выброс, т/год	Сумма по полю индекс сравнительной опасности, HRI	Сумма по полю Коэффициент канцерогенной опасности, HRIc
ООО "Предприятие 3"	781,69	65 206,09	1 103,07
ОАО "Предприятие 5"	335,66	62 289,26	3 215,33
ПАО "Предприятие"	397,53	39 819,31	0,41
ПАО "Завод 1"	2,39	38 185,78	0,75
ОАО "Предприятие 4"	997,81	37 082,00	9 158,98
ООО "Предприятие 6"	910,53	32 261,42	5 332,38
ООО "Завод"	907,53	32 258,42	5 332,38
ООО "Предприятие 1" пл.3	845,54	28 006,80	10 931,78
ООО "Иванович"	477,35	27 222,76	7 812,55
ООО "Исток"	476,41	26 846,82	4 041,13
ОАО "Предприятие 5"	431,12	19 680,09	6 570,56
ООО "Предприятие 1", пл.5	253,63	18 754,98	4 949,61
ПАО "Завод"	172,10	14 907,16	232,15
ИП Петров	169,23	12 511,05	3 299,07

Шаг 3. С целью получения сопоставимых показателей значимости величин индексов канцерогенной и неканцерогенной опасности рассчитываются «нормированные индексы сравнительной опасности» ($\widetilde{K}_i$) (таблица Б2).

Таблица Б2

Нормированные индексы сравнительной опасности

Название предприятия	Сумма по полю выброс, т/год	Нормированный индекс сравнительной неканцерогенной опасности, HRI	Нормированный коэффициент канцерогенной опасности, HRIc
ООО "Предприятие 1"	**1,000**	**1,000**	**2,000**
ОАО "Предприятие 2"	**0,311**	0,001	**0,312**
ООО "Предприятие 1", площадка №2 (пл. 2)	**0,093**	**0,107**	**0,200**
ООО "Предприятие 3"	**0,024**	0,003	**0,027**
ОАО "Предприятие 5"	**0,023**	0,008	**0,031**
ПАО "Предприятие"	0,015	0,000	0,015
ПАО "Завод 1"	0,014	0,000	0,014
ОАО "Предприятие 4"	0,014	**0,023**	0,037
ООО "Предприятие 6"	0,012	0,013	0,025
ООО "Завод № 7"	0,012	0,013	0,025
ООО "Предприятие 1", пл. 3	0,011	**0,027**	**0,038**
ООО "Иванович"	0,010	**0,020**	**0,030**
ООО "Исток" № 8	0,010	0,010	0,020
ОАО "Предприятие 5"	0,007	**0,016**	0,024
ООО "Предприятие 1", пл. 5	0,007	0,012	0,019
ПАО "Завод"	0,006	0,001	0,006
ИП Петров	0,005	0,008	0,013

Из приведенных данных видно, что нормирование индексов позволяет учесть значимость небольших по массе выбросов канцерогенных примесей.

Шаг 4. Определение координат геометрического центра площадки[15] выполняется с использованием встроенных функций практически всех геоинформационных систем (ГИС). Координаты геометрического центра находятся с помощью инструментов пространственных операций, либо с помощью конструктора запросов в ГИС.

Шаг 5. После расчёта «нормированных индексов сравнительной опасности» ($\tilde{K}_i$) для каждого i-го предприятия вычисляется коэффициент Q_{ij}, характеризующий силу влияния i-ой промышленной площадки на j-ый квадрат расчетной сетки.

Центр квадрата расчетной сетки соединяется с геометрическим центром промплощадки прямой линией (вектором L_{ij}). Вектор характеризуется длиной (м) и направлением, (град), при этом направление имеет значение повторяемости ветра, которое и присваевается вектору. Повторяемость определяется среднемноголетней розой ветров, характерной для данной территории. Исходные данные – открытые публикуемые данные Росгидромета (таблица Б3).

Таблица Б3

Пример розы ветров для i-территории

С, град. (337,5-22,5]	СВ, град. (22,5-67,5]	В, град. (67.5-112,5]	ЮВ, град. (112,5-157,5]	Ю, град. (157,5-202,5]	ЮЗ, град. (202,5-247,5]	З, град. (247,-292,5]	СЗ, град. (292,5-337,5
Среднемноголетняя повторяемость, %							
18	11	10	9	8	10	10	24
Среднемноголетняя повторяемость, частота							
0,18	0,11	0,10	0,09	0,08	0,10	0,10	0,24

Рассчитывается коэффициент Q_{ij} в системе «Предприятие – каждая точка расчетной сетки» (таблица Б4).

[15] Геометри́ческий центр — среднее арифметическое положений всех точек фигуры.

Таблица Б4

Пример расчета коэффициента влияния Q_{ij} предприятия на ячейку расчетной сетки

Номер ячейки	Направление вектора, град.	Повторяемость ветра в данном направлении[16]	Расстояние до геометрического центра точки, м	Коэффициент влияния в течение года, (Q_{ij})
1	51,5	0,105	400	0,0003
2	42,0	0,108	950	0,0001
3	20,2	0,176	1160	0,0002
…				
125	108,5	0,105	8600	1E-05
…				
682	159,3	0,084	12400	7E-06

Шаг 6. Рассчитываются коэффициенты, которые характеризуют влияние всех учтенных предприятий на j-ый квадрат (ячейку) расчетной сетки (таблица Б5).

Таблица Б5

Коэффициенты влияния предприятий на отдельные участки территории (ячейки расчетной сетки)

Номер ячейки расчетной сетки	Величина $Q_{ij} = \frac{1}{R_{ij}} V_{ij}$							
	Предприятие 1	Предприятие 2	Предприятие 3	Предприятие 4	Предприятие 5	…	Предприятие 7	Предприятие 8
1	10,8	0,08	0,02	1,28	0,06		0,00	0,00
2	10,1	0,04	0,01	1,15	0,07		0,00	0,00
3	11,3	0,04	0,01	1,63	0,06		0,00	0,00
…								
112	0,25	6,28	2,96	0,02	0,12		0,06	0,05
145	3,27	6,2	4,26	0,01	0,20		0,01	0,03
…								
350	0,03	8,12	0,06	0,05	0,20		2,56	2,88

[16] Для расчета повторяемости ветра по направлению вектора его направление соотносится с повторяемостью по векторам розы ветров. Например: юг (180) – 0,1; юго-запад (225) – 0,2. Тогда по формуле (3), коэффициент равен:

$$V_{ij} = \frac{\left(d_{ij} - d_{ij}^{L}\right)}{\left(d_{ij}^{U} - d_{ij}^{L}\right)} \cdot \left(V_{ij}^{U} - V_{ij}^{L}\right) + V_{ij}^{L} = \frac{(200-180)}{(225-180)} \cdot (0{,}2 - 0{,}1) + 0{,}1 = 0{,}144$$

Шаг. 6. Для каждой ячейки сетки рассчитываются суммарные коэффициенты опасности, формируемые в результате потенциального влияния каждого учтенного производственного объекта (таблица Б6).

Таблица Б6

Суммарные коэффициенты опасности, формируемые в результате потенциального влияния каждого производственного объекта на участки территории (ячейки расчетной сетки)

Номер ячейки расчетной сетки	Величина $\sum_i \widetilde{K}_i \cdot Q_{ij}$								Суммарный коэффициент опасности $S_j = \sum_i \widetilde{K}_i \cdot Q_{ij}$
	Предприятие 1	Предприятие 2	Предприятие 3	Предприятие 4	Предприятие 5	…	Предпитятие 7	Предприятие 8	
1	21,6	0,025	0,001	0,047	0,002		0,000	0	21,675
2	20,2	0,012	0,000	0,043	0,002		0,000	0	20,257
3	22,6	0,012	0,000	0,060	0,002		0,000	0	22,674
…									
112	0,50	1,959	0,080	0,001	0,004		0,002	0,001	2,547
145	6,54	1,934	0,115	0,000	0,006		0,000	0,001	8,596
…									
350	0,06	2,53	0,002	0,002	0,006		0,064	0,058	2,722

Шаг 7. Результаты отображаются на карте с получением картины распределения потенциальной опасности по территории (рисунок Б2).

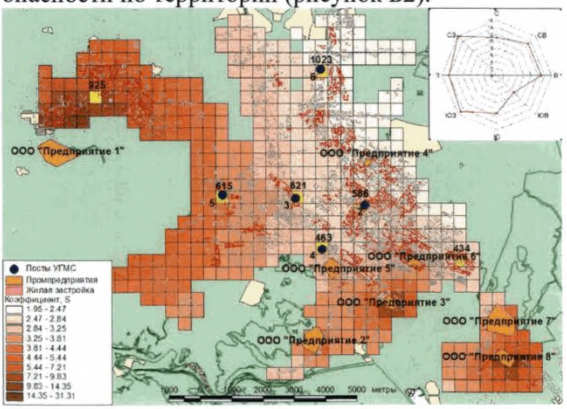

Рисунок Б2. Пространственное распределение суммарного коэффициента опасности, формируемого выбросами промышленных предприятий территории.

Шаг 8. Экспертно, с учетом описанных критериев формируется сеть точек мониторинга (принимая во внимание уже имеющиеся посты УГМС). На

основании ранжирования индексов HRI (таблица Б7) и данных ретроспективных инструментальных исследований формируются программы наблюдений (таблица Б8).

Таблица Б7

Приоритетные в целом для территории химические примеси, рекомендуемые к включению в программы мониторинга (критерий включения HRI>1)

Химическое соединение	Суммарный в целом для города коэффициент опасности примеси	
	неканцерогенный	канцерогенный
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	1274408,2	
Пыль (сумма пылей)	756791,7	
Углерод (Сажа)	461279,6	461307,1
Азота диоксид	457863,2	
Азот (II) оксид	75592,5	
Марганец и его соединения	3902,57	
Углерод оксид	2397,23	
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	220,00	22,0
Фтористые соединения плохо растворимые	31,01	
Фтористые газообразные соединения	18,68	
Углеводороды предельные С12-С19	18,49	
Серная кислота (по молекуле H2SO4)	14,98	
Дигидросульфид (Сероводород)	3,73	
Формальдегид	2,72	0,272

Таблица Б8

Рекомендуемые программы мониторинга качества атмосферного воздуха на постах с учетом уже реализуемых программ

	Пыль (взвешенные вещества)	PM2,5, PM10	Серы диоксид	Углерод оксид	Азота диоксид	Азота оксид	Сероводород	Фтористые соединения	Углерод (сажа)	Формальдегид	Аммиак	Марганец	3,4-Бензпирен
Пост № 1, ул. 1													
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	+	+
Пост № 2, ул. 2													
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	+	+
Пост № 3, ул. 3													
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+	+

	Пыль (взвешенные вещества)	PM2,5, PM10	Серы диоксид	Углерод оксид	Азота диоксид	Азота оксид	Сероводород	Фтористые соединения	Углерод (сажа)	Формальдегид	Аммиак	Марганец	3,4-Бензпирен
Пост № 5, ул. 4													
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+/-	–	+	+
Пост № 6, ул. 5													
Текущая ситуация	–	–	+	+	+	+	+	–	–	–	+	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+/-	+	+
Дополнительный пост													
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	+	+
Дополнительный пост													
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+

Примечания:

+: вещество контролируется /рекомендуется включить в программу мониторинга;

–: вещество не контролируется;

+/-: рекомендуется исключить из программы мониторинга или оставить на усмотрение Росгидромета.

Приложение В
к МР 2.1.6. 0154-19

Выбор точек и программ мониторинга на основании рекогносцировочных расчетов рассеивания в условиях отсутствия сведений о параметрах источников выбросов

1. Каждый хозяйствующий субъект на территории описывается одним источником преобладающего типа (точечный, площадной, линейный).

2. Для источника принимаются условные параметры:

– для точечных (трубы): координаты привязки к карте (например, геометрический центр промышленной площадки, (X, Y)); средняя высота трубы (м); средний диаметр трубы (м); средняя температура выброса (Т, град); средняя линейная скорость выброса, (м/с); средний объем (расход) газовоздушной смеси, (м/с); суммарный выброс по каждой химической примеси (г/с и т/год);

– для площадного источника (неорганизованный): координаты привязки к карте (X1, Y1; X2, Y2; Z- ширина площадного источника); средняя высота источника (м); суммарный выброс каждой химической примеси (г/с и т/год);

– для линейного источника: координаты привязки к карте (X1, Y1; X; Y;); средняя высота трубы (м); средний диаметр трубы (м); средняя температура выброса (Т, град); средняя линейная скорость выброса, (м/с); средний объем (расход) газовоздушной смеси, (м/с); просуммированный выброс по каждой химической примеси (г/с и т/год).

Примечание: надежнее всего принимать указанные параметры по аналогичному предприятию с учетом мощности выбросов/объемов выпускаемой продукции, визуального наблюдения, фото с сайта и др. доступных источников информации.

3. Формируется база данных таких источников в целом по территории. Каждый источник «привязывается» к территории города в единой системе координат.

4. С использованием уникальных метеопараметров конкретной исследуемой территории и с применением сертифицированных программ расчетов загрязнения атмосферы, реализующих утвержденные в Российской Федерации алгоритмы и математические модели атмосферной диффузии, проводится моделирование рассеивания выбросов и расчет концентраций нужного периода осреднения.

5. На основании результатов расчетов рассеивания получаются предварительные (скрининговые) значения расчетных концентраций приоритетных веществ от всех источников промышленных выбросов в каждой рецепторной точке, позволяющие в первом приближении определить места расположения мониторинговых точек наблюдения и вклады стационарных источников в загрязнение атмосферного воздуха в этих точках.

Приложение Г
к МР 2.1.6. 0157 -19

Пример пошаговой реализации алгоритма формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии сводных баз данных о параметрах источников выбросов на модельной территории (численность населения 1 млн. человек)

Шаг.1. Выполняются расчеты рассеивания загрязняющих примесей в целом по территории (рисунок Г1).

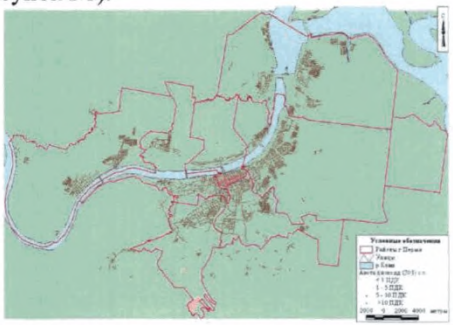

Рисунок Г1. Результаты расчетов среднегодовых концентраций азота диоксида от стационарных источников выбросов и автотранспорта на основе сводной базы данных по поселению (расчетная сетка 400 м х 400 м)

Шаг 2. На основе сопряжения расчетных и натурных данных получают картину, максимально соответствующую данным инструментальных измерений и специфике пространственного распределения загрязнений (рисунок Г2).

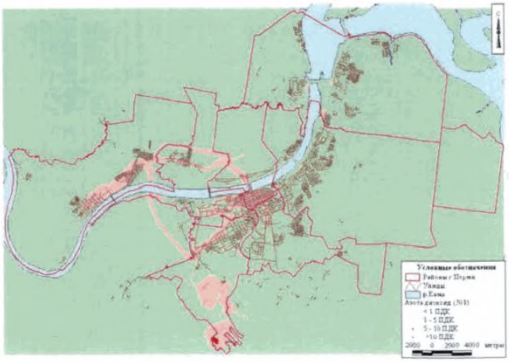

Рисунок Г2. Аппроксимированные среднегодовые концентрации азота диоксида по данным расчетов рассеивания от стационарных источников выбросов и автотранспорта (расчетная сетка 400 х 400 м)

Шаг 3. Выполняются расчеты риска для каждого узла расчетной сетки (таблица Г1).

Таблица Г1

Параметры риска здоровью населения от воздействия аэрогенного фактора среды обитания в жилых массивах модельной территории (выкопировка)

Номер ячейки сетки	**CR_i -Дети**	**CR_i -Взрослые**	**$HQac_i$**	**$HQcr_i$**
1	3,2E-06	3,6E-06	1,05	0,18
2	3,3E-06	3,7E-06	1,08	0,19
3	3,4E-06	3,8E-06	1,09	0,20
…				
250	8,2E-05	8,4E-05	9,12	2,33
…				
1500	4,48E-03	4,5E-03	12,05	12,18

Шаг 4. Выполняется зонирование (кластеризация) территории города по критериям риска для здоровья населения, сформированного загрязнением атмосферного воздуха и обоснование выбора размещения постов мониторинга с учетом существующей сети УГМС (рисунок Г3).

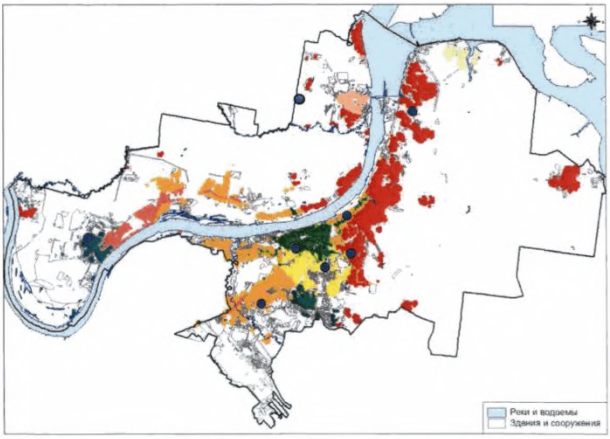

Рисунок Г3. Зонирование (кластеризация) территории города по критериям риска для здоровья населения, сформированного загрязнением атмосферного воздуха и выбор точек для размещения постов мониторинга

Шаг 5. Для каждого поста на основании ранжирования веществ по вкладу в недопустимые риски для здоровья формируется программа наблюдений (таблица Г2).

Таблица Г2

Рекомендуемые для мониторинга вещества (указаны в порядке вклада в риски для здоровья человека)*

№	Пост 1	Пост 2	Пост 3	Пост 4	…	…	Рекомендуемый дополнительно
1	Медь	Водород хлористый	Взвешенные вещества	Взвешенные вещества			Фенол
2	Никель	Формальдегид	Сероводород	Фтористые соединения			Крезолы
3	Акролеин	Взвешенные вещества	Формальдегид	Хлористый водород			Медь
4	Хром	Бенз(а)пирен	Акролеин				Хром
5	Бенз(а)пирен	Марганец	Хром				Свинец
6	Формальдегид	Бензол	Водород хлористый				Взвешенные вещества
7	Взвешенные вещества		Бенз(а)пирен				
8	Бензол		Бензол				
9			Фенол				
10			Марганец				
Обязательные для исследования вещества**							
16	Азота диоксид	Азота диоксид	Азота диоксид	Азота диоксид			Азота диоксид
17	Углерода оксид	Углерода оксид	Углерода оксид	Серы диоксид			Углерода оксид
18	Серы диоксид	Серы диоксид	Серы диоксид				Серы диоксид
19							

Примечания:

* цветом выделены вещества, определяемые на существующих постах наблюдения УГМС, расположенных в границах кластеров

** Согласно писем Роспотребнадзора от 02.10.2006 № 0100/10460-06-32 «Об организации лабораторного контроля при проведении социально-гигиенического мониторинга» и от 28.01.2016 № 01/870-16-32 «Законодательное и методическое обеспечение лабораторного контроля за факторами среды обитания при проведении социально-гигиенического мониторинга».

gost.e-ecolog.ru