

2.1.10. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В СВЯЗИ С СОСТОЯНИЕМ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

**ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРУЕМЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ДЛЯ МИТИГАЦИИ РИСКОВ
И ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ**

Методические указания
МУ 2.1.10. 3675-20

Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения. МУ 2.1.10.3675-20

1. Разработаны: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (акад. РАН, д.м.н., проф. Н.В. Зайцева, д.м.н. М.А. Землянова, д.б.н., профессор И.В. Май, д.м.н. В.Б. Алексеев, Е.В. Хрущева, А.А. Савочкина, к.б.н. Ю.В. Кольдибекова); ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф.Эрисмана» Роспотребнадзора (д.м.н., проф. С.В. Кузьмин), ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора (к.м.н. Е.А. Кузьмина); Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю (к.м.н. Д.В. Горяев); Управление Роспотребнадзора по Иркутской области (к.м.н. И.Г. Жданова-Заплесвичко), Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю (к.м.н. В.Г. Костарев).

2. Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой «18» декабря 2020 г.

3. Введены впервые.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Федеральной службы

по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,

Федеральный государственный санитарный
надзор Российской Федерации



 - А.Ю. Попова

«18» декабря 2020 г.

2.1.10. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В СВЯЗИ С СОСТОЯНИЕМ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРУЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ДЛЯ МИТИГАЦИИ РИСКОВ И ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Методические указания
МУ 2.1.10.3675-20

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие методические указания (далее – МУ) разработаны для повышения объективизации оценок достаточности и эффективности планируемых воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

1.2. МУ дополняют и расширяют научно-методические подходы, изложенные в методических документах:

– МУ 2.1.10.3165-14 «Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания»¹;

– МР 2.1.10.0156-19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения»²;

– МР 2.1.6.0157-19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции для задач социально-гигиенического мониторинга»³;

– МР 5.1.0158-19 «Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения»⁴.

1.3. МУ предназначены для органов и организаций Федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека, а также научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами информационно-аналитической и научно-методической поддержки разработки, принятия и реализации управленческих решений по результатам гигиенических экспертиз, оценок, исследований и прогнозов в области анализа риска и митигации причиненного вреда здоровью населения.

II. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. МУ применяются с целью оценки достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения.

2.2. МУ применяются при наличии следующих условий и с учетом ряда допущений:

– неблагоприятная, длительно сохраняющаяся санитарно-гигиеническая ситуация с высоким уровнем многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха селитебной территории, подтвержденным данными лабораторных исследований, и/или мониторинговых наблюдений и/или комплексными расчетами рассеивания;

– присутствие источников формирования повышенной нагрузки загрязняющих веществ на атмосферный воздух – хозяйствующих субъектов (юридические лица, индивидуальные предприниматели), отнесенных к объектам I,

¹ Утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23.05.2014 (далее – МУ 2.1.10.3165-14 от 23.05.2014).

² Утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02.12.2019 (далее – МР 2.1.10.0156-19 от 02.12.2019).

³ Утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02.12.2019 (далее – МР 2.1.6.0157-19 от 02.12.2019).

⁴ Утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02.12.2019 (далее – МР 5.1.0158-19 от 02.12.2019).

II, III и IV категорий, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду⁵;

– жалобы населения на ненадлежащее качество атмосферного воздуха и связанные с ним нарушения здоровья;

– риски здоровью, превышающие допустимые уровни, для населения селитебной территории;

– неблагоприятные тенденции в изменении структуры и динамики смертности и заболеваемости населения селитебной территории;

– наличие инвентаризации источников выбросов и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также планов воздухоохраных мероприятий территорий и каждого хозяйствующего субъекта, осуществляющего свою деятельность в границах или вблизи селитебных зон;

– картографическая привязка селитебных зон и зон размещения хозяйствующих субъектов в геоинформационной системе.

2.3. В качестве адекватной методической основы оценки эффективности митигации рисков и вреда при планировании и реализации воздухоохраных мероприятий применяется метод, основанный на теории нечетких множеств (нечеткой логики)⁶, используемый для решения прикладных исследований в области принятия управленческих решений⁷.

2.4. Методом нечетких множеств оценивают многокомпонентные негативные воздействия, вызывающие множественные негативные эффекты в виде причиненного вреда здоровью. Ключевые показатели оценивают интервальными значениями, определяющими их принадлежность (функция принадлежности) к диапазону шкалированных параметров.

2.5. Нечеткое моделирование включает в анализ как количественные, так и качественные переменные, оперирует нечеткими входными данными с возможностью быстрого моделирования (в том числе сценарного) сложных динамических ситуаций и проведения сравнительных оценок с заданной степенью точности.

2.6. Для объективизации оценок используют результаты гигиенических (натурных или расчетных) исследований качества атмосферного воздуха и контролируемых медико-биологических исследований состояния здоровья населения в селитебной зоне под экспозицией и вне ее. Принципы построения исследований учитывают ключевые положения оценки хронической экспозиции, зависимости «доза-эффект» для воздействующего вещества, понятия приемлемости риска воздействия, особенности реакций организма человека в условиях комбинированных аэрогенных нагрузок, планы воздухоохраных мероприятий.

⁵ Постановление Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

⁶ Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Т. 8, № 3. – Р. 338– 353; Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

⁷ Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 208 с.

2.7. При оценке фактически причиненного вреда здоровью населения выполняют предварительное категорирование видов деятельности хозяйствующих субъектов, в зонах влияния выбросов которых располагаются селитебные территории. Подход повышает адресность и направленность последующих регулирующих мер⁸.

2.8. Результаты оценки риска здоровью при воздействии загрязняющих атмосферный воздух химических веществ являются неотъемлемыми для оценки причинения вреда здоровью. Медико-биологические исследования по оценке причиненного вреда проводят направленно как в отношении критических для конкретных воздействий органов и систем⁹, так и с учетом этиопатогенетических механизмов развития негативных эффектов в условиях комбинированных воздействий.

2.9. Установление факта причинения вреда в виде заболевания или нарушения здоровья экспонированного индивидуума осуществляется по отношению к заданному периоду времени (предшествующему году или другому периоду в зависимости от цели оценок). Анализируемые периоды времени должны быть абсолютно сопоставимы для всех показателей и параметров, включенных в анализ.

2.10. Результаты оценки причиненного вреда на индивидуальном уровне являются основой для определения фактической численности лиц (групповой или популяционный уровень) с установленным впервые за анализируемый период диагнозом хронического заболевания или нарушением здоровья, доказано детерминированным аэрогенной экспозицией.

2.11. Для оценки адекватности воздухоохраных мероприятий сопоставляют перечень веществ, фактически участвующих в причинении вреда здоровью экспонированного населения, с перечнем веществ, включенных в планы по снижению валовых выбросов. Для оценки достаточности и эффективности воздухоохраных мероприятий определяют степень причиненного вреда здоровью до и после их проведения.

2.12. Алгоритмы, методы и критерии также реализованы в программном продукте «Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для митигации рисков и вреда здоровью населения»¹⁰, доступном для ознакомления в открытом доступе сети Интернет.

⁸ МР 5.1.0116-17 «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 11.08.2017.

⁹ Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004 (далее – Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004).

¹⁰ Пример программного продукта представлен на официальном сайте ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора: www.fcrrisk.ru

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДЕКВАТНОСТИ, ДОСТАТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА ВОЗДУХООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

3.1. Характеристика зоны риска причинения вреда здоровью населения хозяйствующими субъектами, оказывающими негативное воздействие на качество атмосферного воздуха

3.1.1. Определение адекватности и достаточности комплекса планируемых (или фактически внедренных) воздухоохраных мероприятий осуществляется по приведенному ниже алгоритму (рис. 1).

3.1.2. Зона риска причинения вреда здоровью определяется как селитебная территория, внешняя граница которой описывается наиболее удаленной изолинией, соответствующей предельно допустимой среднесуточной концентрации (далее – ПДКс.с.), или предельно допустимой среднегодовой концентрации (далее – ПДКс.г.), или референтной концентрации для хронических ингаляционных воздействиях (далее – RFC), или изолинией приемлемого хронического риска (из изолиний по критическим органам/системам) на основании расчетов рассеивания выбросов и (или) инструментальных данных систем экологического, социально-гигиенического мониторинга, производственного контроля.

Границы зоны риска причинения вреда здоровью определяют на основании сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха с учетом информации о неблагоприятных метеорологических условиях (в том числе в рамках квотирования¹¹ выбросов загрязняющих веществ), либо по результатам государственного мониторинга атмосферного воздуха на стационарных постах наблюдения системы Росгидромета¹² и (или) по результатам социально-гигиенического мониторинга качества атмосферного воздуха на стационарных и маршрутных точках наблюдений ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, проводимых в соответствии с нормативными правовыми актами¹³.

¹¹ Статья 5 Федерального закона от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха».

¹² Пункт 5.4.4 постановления Правительства Российской Федерации от 23.07.2004 № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

¹³ Статья 45 Федерального закона от 30.03.99 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2006 № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга» (далее – постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2006 № 60); приказ Роспотребнадзора от 17.11.2006 № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими».

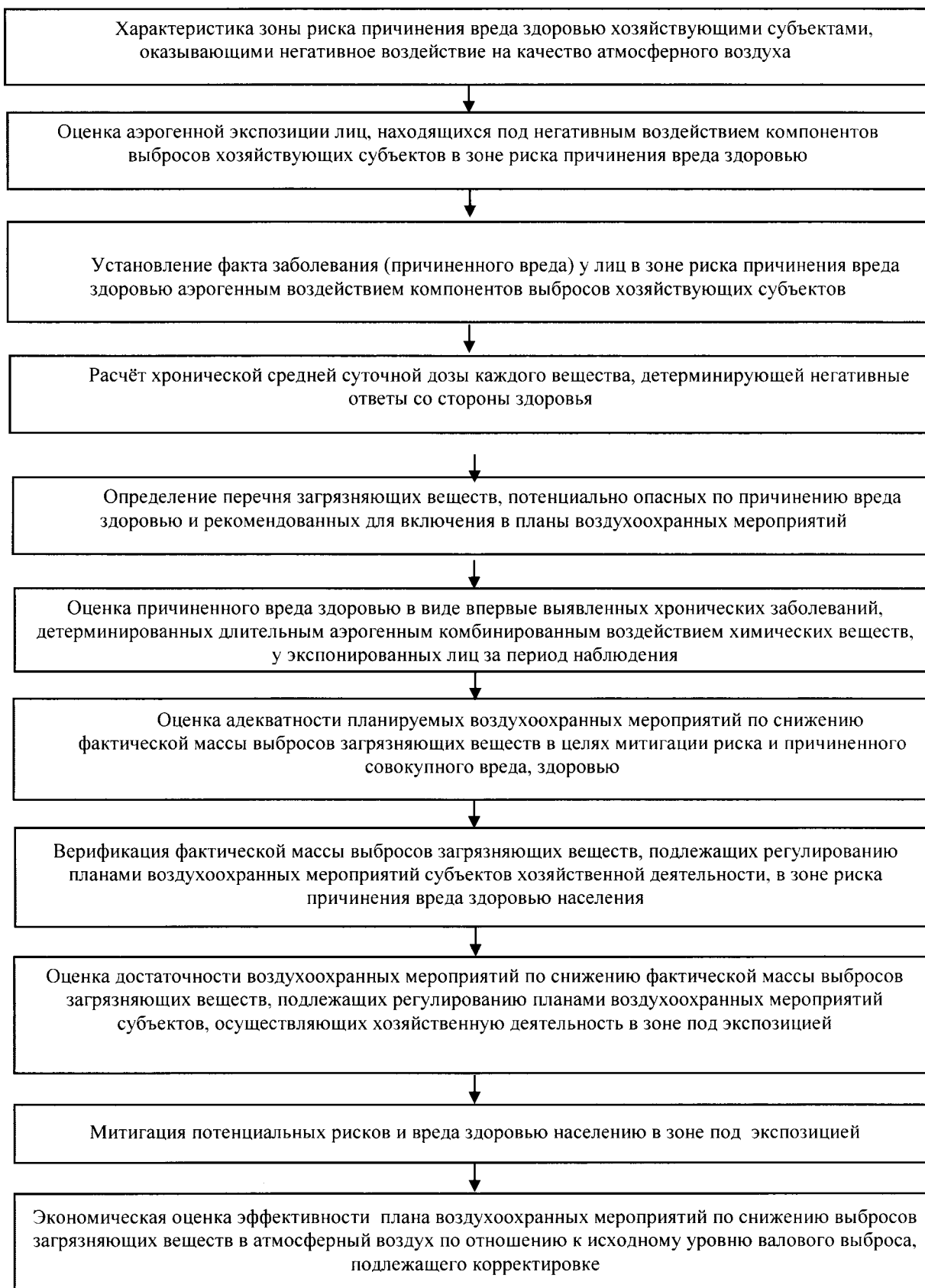


Рисунок 1. Алгоритм определения адекватности, достаточности и эффективности планируемых (фактически внедренных) воздухоохраных мероприятий

3.1.2.1. Сводные расчеты загрязнения атмосферного воздуха с определением вклада отдельных хозяйствующих субъектов (источников) в загрязнение

атмосферного воздуха проводят в соответствии нормативными правовыми актами¹⁴.

Зона воздействия (экспозиции) выделяется путем построения регулярной сетки, покрывающей всю исследуемую территорию, с учетом обеспечения расчетной оценки на территории жилой застройки (селитебных территориях).

3.1.2.2. Расчеты рассеивания выбросов выполняют на основе сводной базы данных об источниках загрязнения, формируемой с учетом сведений из государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду¹⁵, в том числе в части стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в системе учета Росприроднадзора; данных органов исполнительной власти субъектов федерации и органов местного самоуправления об автономных источниках загрязнения атмосферного воздуха и выбросах от объектов транспортной, коммунальной, социальной инфраструктур¹⁶.

Расчеты проводят с использованием утвержденных на федеральном уровне методик и доступных программных средств.

Рассчитывают долевым вклад отдельных хозяйствующих субъектов (источников) в загрязнение атмосферного воздуха.

3.1.2.3. Уточнение результатов сводных расчетов данными государственного мониторинга атмосферного воздуха (результаты инструментальных наблюдений за концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе) осуществляют в соответствии нормативными правовыми актами¹⁷ и методическими рекомендациями¹⁸.

3.1.2.4. Для верификации расчетных данных и дальнейшей оценки экспозиции выделяют контрольные точки. Контрольные точки выделяют в соответствии нормативным правовым актом¹⁹ или в качестве контрольных точек используют точки, расположенные в местах размещения постов наблюдений Росгидромета и (или) точек контроля качества атмосферного воздуха, осуществляемого в рамках социально-гигиенического мониторинга (далее – СГМ) Роспотребнадзором²⁰.

¹⁴ Главы II-VII Методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, утвержденные приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273 (далее – приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273); главы II-VII Правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию, утвержденные приказом Минприроды России от 29.11.2019 № 813 (далее - приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813).

¹⁵ Правила создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 23.06.2016 № 572 (далее – постановление Правительства Российской Федерации от 23.06.2016 № 572).

¹⁶ Пункт 5 приказа Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

¹⁷ Глава VIII приказа Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

¹⁸ МР 2.1.6.0157-19 от 02.12.2019.

¹⁹ Глава VII приказа Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

²⁰ Статья 45 Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2006 № 60.

При отсутствии постов наблюдений или точек контроля в рамках СГМ контрольные точки выбирают в центральной части населенного пункта, в жилых районах, где уровни расчетных концентраций загрязняющих веществ превышают 0,5ПДК, на территориях размещения дошкольных и школьных детских образовательных учреждений, в зонах с нормируемыми показателями среды.

3.1.2.5. Результаты расчетных и инструментальных исследований в контрольных точках оценивают по критериям соответствия качества атмосферного воздуха селитебной территории гигиеническим нормативам химических веществ (ПДКс.с., ПДКс.г.), и (или) RFC²¹.

3.1.3. Численность населения, находящегося под одновременным аэрогенным воздействием химических факторов риска причинения вреда здоровью хозяйствующими субъектами, определяют по данным администрации поселения (результаты специального запроса) либо с использованием геоинформационных технологий путем пересечения слоя «зона риска» со слоем «плотность населения на территории поселения» или со слоем «лица, застрахованные в системе обязательного медицинского страхования».

Рекомендуется учет половозрастной структуры населения и длительности проживания в зоне риска здоровью.

3.1.4. Характеристика зоны риска причинения вреда здоровью включает следующую информацию:

– сведения о хозяйствующих субъектах, формирующих в зоне риска причинения вреда по результатам сводных расчетов рассеивания приземную концентрацию выше 1ПДКс.с. (или 1RFC): код и наименование хозяйствующих субъектов, район и координаты его места расположения; код ОКВЭД²² и наименование основных видов деятельности, потенциальный риск причинения вреда здоровью по основным видам деятельности, которые реализует хозяйствующий субъект; категория потенциального риска причинения вреда здоровью;

– перечень источников выбросов, влияющих на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, с указанием по каждому загрязняющему веществу: значения концентрации в контрольных точках,

²¹ Пункт 2.2 приложения 2 Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004.

²² Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, утвержденный заместителем Председателя Правительства Российской Федерации 10.08.2013 № 4760п-П10.

превышающие гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха²³, с указанием места расположения каждой такой контрольной точки (адрес); перечень хозяйствующих субъектов, которые вносят основной вклад (не менее 70%) в загрязнение атмосферного воздуха, с указанием количественного значения вкладов таких субъектов;

– характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от конкретных хозяйствующих субъектов, оказывающих негативное воздействие на качество атмосферного воздуха, а также в целом по их совокупности (код и наименование загрязняющих веществ в составе выбросов; числовые значения параметров каждого источника выбросов, в том числе высота, диаметр устья, объемный расход, скорость и температура газовой смеси; максимальный разовый (г/с) и годовой (т/год) выброс каждого загрязняющего вещества)²⁴;

– перечень загрязняющих веществ, по которым выявлено превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, с указанием для каждого вещества установленных критериев качества атмосферного воздуха (ПДКм.р., ПДКс.с., ПДКс.г. или их RFC, безопасные по критериям риска здоровью), класса опасности, количества хозяйствующих субъектов, в выбросах которых присутствует это загрязняющее вещество, и массы учтенных выбросов этого вещества в целом по совокупности хозяйствующих субъектов;

– характеристика загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений Росгидромета с координатами постов наблюдений и указанием для каждого поста значения 98 перцентиля функции распределения концентрации и среднегодового значения концентрации по каждому загрязняющему веществу;

– характеристика загрязнения атмосферного воздуха по результатам социально-гигиенического мониторинга за качеством атмосферного воздуха с координатами стационарных и маршрутных точек территориальных систем Роспотребнадзора и указанием для каждой точки значения 98-го перцентиля функции распределения концентрации и среднегодового значения концентрации по каждому загрязняющему веществу;

– характеристика загрязнения атмосферного воздуха по данным натурных исследований качества атмосферного воздуха, выполненных в рамках гигиенических экспертиз, расследований, обследований, исследований и иных видов оценок;

²³ ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22.12.2017 № 165, с изменениями, внесенными постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31.05.2018 № 37; ГН 2.1.6.2309-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 19.12.2007 № 92, с изменениями, внесенными постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18.02.2008 № 11; от 18.08.2008 № 47; от 27.01.2009 № 5; от 27.04.2009 № 25; от 05.02.2010 № 8; от 02.08.2010 № 98; от 10.11.2010 № 142; от 24.12.2010 № 170; от 12.07.2011 № 95; от 09.10.2013 № 51; от 10.12.2014 № 84; от 21.10.2016 № 162.

²⁴ Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

- характеристика риска для здоровья человека, расчет и оценка которого выполнена по результатам инструментальных исследований или сводных расчетов рассеивания в соответствии с руководством²⁵;
- численность населения с половозрастной структурой, находящегося под воздействием факторов риска, связанных с деятельностью хозяйствующих субъектов;
- ситуационный план территории с указанием масштаба плана, границ общих или индивидуальных границ санитарно-защитных зон, зон производственного и иного назначения, жилых зон и объектов городской инфраструктуры, мест массового отдыха населения, с привязками координат промышленных площадок хозяйствующих субъектов, имеющих источники выбросов;
- пространственные данные по распределению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, распределению уровней риска (показателей индекса опасности при острых и хронических воздействиях) с использованием геоинформационных систем;
- комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сведения об их выполнении (источник информации органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, Росприроднадзор, хозяйствующие субъекты) (целевые показатели снижения выбросов в т/год в ходе реализации комплексного плана; перечень мероприятий, направленных на снижение выбросов от источников выбросов хозяйствующих субъектов с указанием сроков их выполнения и др.);
- перечень компенсационных мероприятий для зоны риска причинения вреда здоровью (санитарно-гигиенические, медико-профилактические и др.) в соответствии с нормативными правовыми актами²⁶;
- сведения о мероприятиях и их реализации, направленных на снижение выбросов транспортных и иных средств.

3.2. Оценка аэрогенной экспозиции лиц, находящихся под негативным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов в зоне риска причинения вреда здоровью

3.2.1. Количественную оценку аэрогенной экспозиции лиц, находящихся под негативным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов, проводят в выделенной зоне риска причинения вреда здоровью (условно – зона под экспозицией).

3.2.2. Для проведения сравнительных оценок проводят расчет хронической средней суточной дозы при аэрогенном поступлении аналогичных загрязняющих веществ на территории, характеризующейся отсутствием превышений

²⁵ Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004.

²⁶ Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2019 № 1792 «Об утверждении требований к перечню компенсационных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха на каждой территории эксперимента по квотированию выбросов на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха».

гигиенических нормативов (или референтных концентраций) содержания химических веществ в атмосферном воздухе (условно – «зона вне экспозиции»).

Зоны под экспозицией и вне экспозиции сопоставимы по социально-экономическим, природно-географическим и климатическим показателям, уровню медицинского обслуживания населения (видам медицинской помощи, порядкам их оказания в соответствии со стандартами медицинской помощи).

3.2.3. В условиях стабильно сохраняющихся устойчивых тенденций загрязнения атмосферного воздуха за период наблюдения (например, год) экспозицию выражают величиной средней суточной дозы вещества, усредненной на хроническую (годовую) экспозицию ($ADDch$, мг/(кг*сутки)), рассчитанную по общей формуле²⁷:

$$ADDch = ADDdx \ EF/DPY, \quad (1)$$

где $ADDch$ – средняя суточная доза вещества при аэрогенном поступлении для индивидуума, усредненная на хроническую экспозицию, мг/(кг*сутки);

$ADDd$ – средняя суточная доза вещества при аэрогенном поступлении для индивидуума в день экспозиции, мг/(кг*сутки);

EF – частота воздействия, дней/год (для годового периода осреднения частота воздействия 350 дней/год);

DPY – число дней в году (365 дней/год).

3.2.4. Для расчета хронической средней суточной дозы вещества при аэрогенном поступлении исходной информацией являются:

– среднегодовая концентрация каждого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе ($C_{с.г.}$, мг/м³) в каждой контрольной точке зон под экспозицией и вне экспозиции, установленных по результатам сводных расчетов рассеивания или государственного мониторинга атмосферного воздуха на стационарных постах наблюдения Росгидромета и (или) социально-гигиенического мониторинга качества атмосферного воздуха на стационарных и маршрутных точках ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора), рассчитанная с соответствии с нормативными правовыми актами²⁸; – фактические значения массы тела, скорости дыхания, периода осреднения экспозиции, частоты и продолжительности воздействия на население в каждой контрольной точке зон под экспозицией и вне экспозиции (полученные при проведении специальных медицинских обследований на индивидуальном уровне в рамках гигиенических экспертиз, расследований, обследований, исследований и иных видов оценок);

3.2.5. Формирование таблицы исходных данных для расчета хронической средней суточной дозы при аэрогенном поступлении по каждому загрязняющему веществу (i) для каждого индивидуума в каждой контрольной точке (j) зон под экспозицией и вне экспозиции проводят по шаблону, представленному в таблице 1.

3.2.6. Расчёт хронической средней суточной дозы вещества при аэрогенном поступлении проводят в отношении каждого вещества, поступающего в

²⁷ Пункт 6.4.8 Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004.

²⁸ Глава X приказа Минприроды России от 06.06.2017 № 273; приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

атмосферный воздух зоны риска причинения вреда в составе совокупных пылегазовых выбросов, связанных с деятельностью хозяйствующих субъектов.

Таблица 1

Средняя годовая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, масса тела и возраст индивидуума зон под экспозицией и вне экспозиции

| Идентификационный номер (далее – ИДН) индивидуума с адресной привязкой к контрольной точке | Масса тела, кг | Возраст, лет | Средняя годовая концентрация вещества $(C_{с.г.}^i)$, мг/м ³ |
|--|----------------------|------------------------|--|
| В зоне под экспозицией | | | |
| $ИДН \ в \ КТ_j$ | $w_{ИДН}$ | $age_{ИДН}$ | $C_{с.г.}^i$ |
| В зоне вне экспозиции | | | |
| $\overline{ИДН \ в \ КТ_j}$ | $\overline{w_{ИДН}}$ | $\overline{age_{ИДН}}$ | $\overline{C_{с.г.}^i}$ |

3.2.7. Расчет средней суточной дозы вещества при аэрогенном поступлении может проводиться для различных субпопуляций экспонированного населения. Следует учитывать, что в качестве наиболее чувствительных к действию химических веществ субпопуляций могут быть выбраны новорожденные и дети, лица пожилого возраста, беременные и кормящие женщины²⁹.

3.2.8. Формирование многомерной таблицы данных согласованных значений ADDch при аэрогенном поступлении для каждого индивидуума по каждому загрязняющему веществу (*i*) в каждой контрольной точке (*j*) зон под экспозицией и вне экспозиции проводят по шаблону, представленному в таблице 2.

Таблица 2

Хроническая средняя суточная доза вещества при аэрогенном поступлении в организм индивидуума зон под экспозицией и вне экспозиции

| ИДН индивидуума с адресной привязкой к контрольной точке | Хроническая средняя суточная доза вещества $(ADDch^i)$, усредненная на экспозицию с частотой воздействия 365 дней (1 год), мг/(кг*сутки) |
|--|---|
| В зоне под экспозицией | |
| $ИДН \ в \ КТ_j$ | $ADDch^i_j$ |
| В зоне вне экспозиции | |
| $\overline{ИДН \ в \ КТ_j}$ | $\overline{ADDch^i_j}$ |

²⁹ Глава 6.2 Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004.

3.2.9. Среднюю суточную дозу вещества при аэрогенном поступлении, соответствующую годовому периоду осреднения, рассчитывают для каждого индивидуума из выборки.

3.3. Установление факта заболевания (причиненного вреда) у лиц в зоне риска причинения вреда здоровью, детерминированного аэрогенным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов

3.3.1. Вред здоровью, как факт нарушения физиологической функции органов/систем, детерминированный аэрогенной экспозицией химических факторов, у индивидуума в виде впервые выявленного хронического заболевания и/или обострения существующего хронического заболевания, детерминированного аэрогенной экспозицией химических веществ, устанавливается на основании углубленного медицинского обследования и анализа динамики наблюдаемых показателей по сравнению с периодом до развития заболевания (по результатам предыдущего углубленного медицинского обследования или анализа амбулаторных карт развития).

Период медицинских наблюдений соответствует периоду осреднения, используемому для расчета аэрогенных экспозиций, (например, год).

3.3.2. Перечень классов болезней, потенциально связанных с негативным аэрогенным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов, у экспонированных лиц определяют на основании этиопатогенеза и критических органов/систем, по отношению к которым загрязняющие вещества обладают тропностью с учетом их синергизма или антагонизма (примеры представлены в приложении 4 к настоящим МУ).

Источником информации о критических органах/системах являются:

- методические документы³⁰;
- отчеты, рекомендованные ведущими специализированными международными общественными и государственными организациями³¹.

3.3.3. Факт заболевания у экспонированных лиц устанавливают по результатам специальных медицинских обследований населения, выполненных в соответствии с методическими указаниями³².

Для этого в зоне под экспозицией и для проведения сравнительных оценок в зоне вне экспозиции осуществляют репрезентативную выборку лиц, подлежащих индивидуальному углубленному медицинскому обследованию.

Для каждого индивидуума из сформированных репрезентативных групп в соответствии с методическими указаниями³³ проводят диагностические

³⁰ Пункт 2.2 приложения 2 Р 2.1.10.1920.04 от 05.03.2004.

³¹ Всемирная организация здравоохранения (англ. World Health Organization, WHO); Организация экономического сотрудничества и развития (англ. Organization for Economic Cooperation and Development, OECD); Центр по контролю и профилактике заболеваний (англ. Center for Diseases control and prevention, CDC); Агентство по охране окружающей среды (англ. Environmental Protection Agency, EPA); Агентство по регистрации токсичных веществ и заболеваний (англ. Agency for Toxic Substance and Disease Registration, ATSDR).

³² МУ 2.1.10.3165-14 от 23.05.2014.

³³ МУ 2.1.10.3165-14 от 23.05.2014.

мероприятия, включающие химико-аналитические исследования биологических сред на содержание адекватных аэрогенной экспозиции химических веществ, общеклинические, биохимические, иммунологические, функциональные и др. исследования, клинический осмотр. Полученные результаты обследования используют для постановки диагноза заболевания у индивидуумов в зоне под экспозицией на основании комплекса показателей и критериев, определяющих (или опровергающих) детерминированность заболевания воздействием химических веществ, т.е. причинение вреда здоровью.

3.3.4. На основании полученных результатов в зоне под экспозицией и для сравнительных оценок в зоне вне экспозиции формируют базу данных, содержащую следующую деперсонифицированную информацию³⁴: ИДН, пол, возраст, адрес проживания с детализацией до дома, диагноз впервые выявленного или обострения хронического заболевания (код в соответствии с Международной классификации болезней 10 пересмотра (далее – МКБ-10)).

3.3.5. Формирование таблицы согласованных данных об основном диагнозе впервые выявленного хронического заболевания (D_s), относящегося к соответствующему классу болезни (Z) для каждого индивидуума (IDH) в каждой контрольной точке (KT_j) зон под экспозицией и вне экспозиции за соответствующий период наблюдения проводят по шаблону, представленному в таблице 3.

Таблица 3

Основной диагноз впервые выявленного хронического заболевания по классу болезней для каждого индивидуума в каждой контрольной точке зон под экспозицией и вне экспозиции за соответствующий период наблюдения (1 год)

| ИДН индивидуума с адресной привязкой к контрольной точке | Диагноз заболевания, (код по МКБ-10) | Класс болезни в соответствии с диагнозом заболевания (код по МКБ-10) (Z_j) |
|--|--------------------------------------|--|
| В зоне под экспозицией | | |
| IDH в KT_j | $D_{s_{IDHj}}$ | Z_j |
| В зоне вне экспозиции | | |
| \overline{IDH} в KT_j | $\overline{D_{s_{IDHj}}}$ | $\overline{Z_j}$ |

3.3.6. Диагноз впервые выявленного хронического заболевания, относящегося к соответствующему классу болезни, у каждого индивидуума соотносят со значением хронической средней суточной дозы каждого загрязняющего вещества аэрогенной экспозиции в зоне под экспозицией и вне экспозиции.

3.3.7. Формирование многомерной таблицы данных согласованных значений хронической средней суточной дозы каждого загрязняющего вещества аэрогенной

³⁴ Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».

экспозиции (i), соотнесенной с основным диагнозом впервые выявленного хронического заболевания, относящегося соответствующему классу болезни (Z_j^i) для каждого индивидуума в каждой контрольной точке (j) зон под экспозицией и вне экспозиции проводят по шаблону, представленному в таблице 4.

Таблица 4

Хроническая средняя суточная доза вещества при аэрогенном поступлении в организм индивидуума, соотнесенная с классом болезни, в который входит основной диагноз впервые выявленного хронического заболевания, для каждого индивидуума в каждой контрольной точке зон под экспозицией и вне экспозиции за соответствующий период наблюдения (1 год)

| ИДН индивидуума с адресной привязкой к контрольной точке | Хроническая средняя суточная доза вещества ($ADDch_j^i$), мг/(кг*сутки) | Наименование класса болезни (Z_j^i) |
|--|---|---|
| В зоне под экспозицией | | |
| $ИДН \text{ в } КТ_j$ | $ADDch_j^i$ | Z_j^i |
| В зоне вне экспозиции | | |
| $\overline{ИДН \text{ в } КТ_j}$ | $\overline{ADDch_j^i}$ | $\overline{Z_j^i}$ |

3.3.8. Класс болезни, к которому отнесен основной диагноз впервые выявленного хронического заболевания, каждого индивидуума, и соотнесенную с ним хроническую среднюю суточную дозу каждого воздействующего вещества при аэрогенном поступлении используют в качестве исходной информации для формирования базы согласованных (в том числе по периоду наблюдения) значений данных.

3.4. Расчёт хронической средней суточной дозы каждого вещества, детерминирующей негативные ответы со стороны здоровья

3.4.1. Расчёт хронической средней суточной дозы каждого вещества, детерминирующей негативные ответы со стороны здоровья в виде впервые выявленных хронических заболеваний по каждому классу болезней (ADV_i^Z), или хронической средней суточной дозы каждого вещества, не связанной с негативным ответом ($\overline{ADV_i^Z}$), у населения зон под экспозицией и вне экспозиции для условий годового периода осреднения проводят по формуле:

$$ADV_i^Z = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N ADDch_j^i \quad (2)$$

где ADV_i^Z – хроническая средняя суточная доза вещества, детерминирующая отдельное впервые выявленное хроническое заболевание, входящее в определенный класс болезни, по всем

индивидуумам с этим заболеванием, по всем контрольным точкам для условий годового периода осреднения, мг/(кг*сутки);

$ADDch_j^i$ – хроническая средняя суточная доза вещества, детерминирующая впервые выявленное хроническое заболевание, входящее в определенный класс болезни, по всем индивидуумам с этим заболеванием в каждой контрольной точке для условий годового периода осреднения, мг/(кг*сутки);

N – число лиц с впервые выявленным хроническим заболеванием, входящим в определенный класс болезни, по отношению к периоду наблюдения, предшествующему моменту оценки.

3.4.2. Расчёт хронической средней суточной дозы каждого вещества, детерминирующей негативные ответы со стороны здоровья в виде впервые выявленных хронических заболеваний в целом по всему спектру выявленных классов болезней (ADV_i^K), или хронической средней суточной дозы каждого вещества, не связанной с негативным ответом ($\overline{ADV_i^K}$), у населения зон под экспозицией и вне экспозиции проводят по формуле:

$$ADV_i^K = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K ADV_i^z \quad (3)$$

где ADV_i^K – хроническая средняя суточная доза вещества, детерминирующая впервые выявленное хроническое заболевание, в целом по всему спектру выявленных классов болезней за соответствующий период наблюдения (1 год), мг/(кг*сутки);

ADV_i^z – хроническая средняя суточная доза вещества, детерминирующая впервые выявленное хроническое заболевание, входящее в определенный класс болезни, по всем контрольным точкам за соответствующий период наблюдения (1 год), мг/(кг*сутки);

K – количество выявленных классов болезней за соответствующий период наблюдения (1 год).

3.4.3. Формирование таблицы согласованных значений данных впервые выявленных хронических заболеваний, соотнесенных с хронической средней суточной дозой каждого вещества, детерминирующей это заболевание по каждому классу болезни и весь спектр заболеваний по совокупности классов болезней, за соответствующий период наблюдения (1 год) в зонах под экспозицией и вне экспозиции проводят по шаблону, представленному в таблице 5.

Таблица 5

Классы болезней, к которым отнесены впервые выявленные хронические заболевания, соотнесенные с хронической средней суточной дозой вещества, детерминирующей спектр негативных ответов по всем выявленным классам болезней за соответствующий период наблюдения (1 год)

| Наименование класса болезней | Хроническая средняя суточная доза вещества, (ADV_i^Z, ADV_i^K), мг/(кг*сутки) |
|---|--|
| В зоне под экспозицией | |
| Z | ADV_i^Z |
| По совокупности классов болезней (K) | ADV_i^K |
| В зоне вне экспозиции | |
| \bar{Z} | $\overline{ADV_i^Z}$ |
| По совокупности классов болезней (K) | $\overline{ADV_i^K}$ |

3.4.4. Долю суммарного числа лиц с впервые выявленным хроническим заболеванием, соотнесенным с хронической средней суточной дозой вещества, детерминирующей спектр негативных ответов по каждому классу болезней ($\sum N^Z$) и по совокупности классов болезней ($\sum N^K$) за соответствующий период наблюдения (1 год) рассчитывают от количества лиц (n) в выборке из зоны под экспозицией, и выражают в %:

$$\frac{\sum N^Z}{n} \cdot 100 \% \text{ и } \frac{\sum N^K}{n} \cdot 100 \%$$

3.4.5. При проведении исследований на популяционном уровне данные, полученные на выборочных исследованиях, могут быть экстраполированы на всю численность населения, проживающее в зоне аэрогенной экспозиции загрязняющих веществ.

3.5. Определение перечня загрязняющих веществ, потенциально опасных по причинению вреда здоровью и рекомендованных для включения в планы воздухоохраных мероприятий

3.5.1. Определение перечня загрязняющих веществ, потенциально опасных по причинению вреда здоровью, осуществляют на основании ранжирования значений хронической средней суточной дозы загрязняющих веществ, при которой за соответствующий период наблюдения (1 год) выявлены лица с впервые установленными хроническими заболеваниями, детерминированными воздействием аэрогенной экспозицией химических веществ.

3.5.2. Ранжирование значений хронической средней суточной дозы загрязняющих веществ, соотнесенной с установленным числом случаев причиненного вреда здоровью, осуществляют в соответствии со шкалой опасности.

Шкала потенциальной опасности химических веществ по причинению вреда здоровью представляет собой шкалу отношений между хронической средней суточной дозой каждого вещества (в долях) и числом случаев причиненного вреда, соотнесенным с определенной численностью населения.

3.5.3. В качестве критерия допустимости действующей хронической средней суточной дозы вещества (далее – ПДД, мг/(кг*сутки), детерминирующей впервые выявленное хроническое заболевание у определенного числа лиц, целесообразно использовать такую предельную величину «значимого воздействия», соответствующую средней суточной (годовой) дозе химического вещества при аэрогенной экспозиции, рассчитанной исходя из 0,5ПДК (0,5ПДКс.г. \equiv 0,5ПДДс.г. \equiv 0,5ПДДс.с.), с которой при повседневном воздействии в течение длительного времени на организм человека ассоциируется один случай причинения вреда здоровью в виде состоявшегося серьезного хронического заболевания на один миллион экспонированных лиц в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений (1×10^6).

Состоявшееся за период наблюдения и впервые выявленное хроническое заболевание определяют по каждому выявленному классу болезни и по всей совокупности классов болезней у каждого экспонированного лица в ходе специального медицинского обследования в соответствии с пунктами 5.3.1 – 5.3.4.

3.5.4. Шкала потенциальной опасности причинения вреда здоровью представляет собой точки плоскости, дифференцированные на области, границы которых определяют интервалами (0;0.25], (0.25;0.5], (0.5; 1], (1;5], (5;+ ∞) по оси абсцисс (доли ПДДс.с. для годового периода осреднения или ПДКс.г.) и соответствующими им интервалами (0; 1×10^{-8}], (1×10^{-8} ; 1×10^{-6}], (1×10^{-6} ; 1×10^{-4}], (1×10^{-4} ; 1×10^{-3}], (1×10^{-3} ;+ ∞) по оси ординат (число случаев причиненного вреда) (таблица 6).

Таблица 6

Шкала потенциальной опасности причинения вреда здоровью при аэрогенных экспозициях загрязняющих веществ

| Показатель шкалы | Ранг потенциальной опасности причинения вреда | | | | |
|--|--|---|---|--|------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Степень потенциальной опасности причинения вреда | | | | |
| | Пренебрежимо малая | Низкая | Средняя | Высокая | Очень высокая |
| Доля ПДДс.с. (или ПДДс.г.*) для годового периода осреднения | (0;0.25] | (0.25;0.5] | (0.5; 1] | (1;5], | (5;+ ∞) |
| Число случаев причиненного вреда, соотнесенное с определенной численностью населения | (0; 1×10^{-8}] | (1×10^{-8} ; 1×10^{-6}] | (1×10^{-6} ; 1×10^{-4}] | (1×10^{-4} ; 1×10^{-3}], | (1×10^{-3} ;+ ∞) |

Примечание: * - ПДКс.г., установленная по критериям риска.

3.5.5. Формирование таблицы данных по перечню веществ, представляющих потенциальную опасность причинения вреда здоровью при аэрогенных экспозициях, проводят по шаблону, представленному в таблице 7.

Таблица 7

Перечень веществ, представляющих потенциальную опасность причинения вреда здоровью при аэрогенных экспозициях

| Наименование класса болезней | Ранг вещества по степени потенциальной опасности причинения вреда здоровью (Rang) |
|----------------------------------|---|
| Z_i | Rg_i^Z |
| По совокупности классов болезней | Rg_i^K |

3.5.6. Устанавливают перечень веществ по каждому классу болезни, имеющих ранг потенциальной опасности причинения вреда здоровью (Rg) на уровне 2 и выше ($\geq 0,5 ПДД_{ср.}$). Установленный перечень загрязняющих веществ рекомендуют для включения в планы воздухоохраных мероприятий.

3.6. Оценка причиненного вреда здоровью в виде впервые выявленных хронических заболеваний, детерминированных длительным аэрогенным комбинированным воздействием химических веществ, у экспонированных лиц за период наблюдения

3.6.1. Оценку причиненного вреда здоровью для условий длительного комбинированного воздействия веществ осуществляют с помощью теории нечетких множеств³⁵. Значения причиненного вреда шкалируют на отрезке величин от 0 до 1.

3.6.2. Основным инструментом реализации данного метода является функция принадлежности $\mu(\tilde{\delta})$ трапециевидного нечеткого числа $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, которая в общем виде представляет собой:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x < a_2 \\ 1, & \text{если } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < x \leq a_4 \\ 0, & \text{если } x > a_4 \end{cases} \quad (4)$$

³⁵ Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Т. 8, № 3. – Р. 338. – 353; Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

3.6.3. Причиненный вред, соответствующий установленному факту впервые выявленного хронического заболевания, детерминированного совокупной аэрогенной экспозицией химических веществ, у каждого индивидуума из группы экспонированных лиц принимают в качестве переменной r , а ее значение соответствует переменной x в формуле общего вида (4) и диапазону значений a , соответствующему значению переменной r . Значение переменной r определяют в соответствии с комплексным анализом системы показателей, представляющих собой множество хронических средних суточных доз веществ, формирующих совокупную аэрогенную экспозицию, потенциально опасную в отношении причинения вреда здоровью при длительном комбинированном воздействии.

3.6.4. Для анализа системы показателей (множество хронических средних суточных доз веществ, включенных в перечень) хроническую среднюю суточную дозу каждого вещества принимают в качестве переменной (b_i), а ее количественное значение, обозначенное как B_i , принимают в качестве диапазона значений.

3.6.5. Устанавливают принадлежность хронической средней суточной дозы каждого вещества (переменной b_i) одному из определенных диапазонов значений хронических средних суточных доз (B_{ik}).

3.6.6. Значение функции принадлежности (или степени принадлежности) (μ_{ki}) хронической средней суточной дозы каждого вещества к одному из диапазонов значений хронических средних суточных доз, формирующих аэрогенную экспозицию и связанный с ней причиненный вред здоровью, определяют по формуле (4).

Диапазоны значений хронических средних суточных доз соответствуют диапазонам шкалы потенциальной опасности причинения вреда при аэрогенной экспозиции (таблица 6). Расчет значения функции принадлежности (μ_{ki}) хронической средней суточной дозы каждого вещества к определенному диапазону шкалы потенциальной опасности причинения вреда позволяет уточнить степень этой принадлежности за счет использования множеств с нечеткими границами «размытыми» (на $\pm 20\%$), в результате чего значения соседних диапазонов шкалы могут пересекаться. Примененный подход позволяет уточнить степень потенциальной опасности причинения вреда в зависимости от значений хронических средних суточных доз химических веществ (таблице 8).

Шкала уточненных диапазонов значений хронических средних суточных доз вещества потенциально опасных по причинению вреда здоровью при аэрогенных экспозициях

| Диапазон значений шкалы | Значение функции принадлежности хронических средних суточных доз вещества, потенциально опасных по причинению вреда (ADV_i^z , мг/(кг*сутки), к диапазонам значений шкалы | Потенциальная опасность причинения вреда | |
|---------------------------------|--|--|----------|
| | | Степень | Ранг (k) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| $B_{i1} \in [0; 0.3 ПДД]$ | $\mu_1(ADV_i^z) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq ADV_i^z \leq 0.2 ПДД \\ \frac{10}{ПДД} (0.2 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.2 \leq ADV_i^z \leq 0.3 \end{cases}$ | Пренебрежимо малая | 1 |
| $B_{i2} \in (0.2 ПДД; 0.6 ПДД]$ | $\mu_2(ADV_i^z) = \begin{cases} 1 - \frac{10}{ПДД} (0.3 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.2 \leq ADV_i^z \leq 0.3 \\ 1, & \text{если } 0.3 \leq ADV_i^z \leq 0.4 \\ \frac{10}{ПДД} (0.6 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.4 \leq ADV_i^z \leq 0.6 \end{cases}$ | Низкая | 2 |
| $B_{i3} \in (0.4 ПДД; 1.2 ПДД]$ | $\mu_3(ADV_i^z) = \begin{cases} 1 - \frac{10}{ПДД} (0.67 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.4 \leq ADV_i^z \leq 0.67 \\ 1, & \text{если } 0.67 \leq ADV_i^z \leq 0.94 \\ \frac{10}{ПДД} (1.2 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.94 \leq ADV_i^z \leq 1.2 \end{cases}$ | Средняя | 3 |
| $B_{i4} \in (0.8 ПДД; 6 ПДД]$ | $\mu_4(ADV_i^z) = \begin{cases} 1 - \frac{10}{ПДД} (0.8 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 0.8 ПДД \leq ADV_i^z \leq 2.5 ПДД \\ 1, & \text{если } 2.5 ПДД \leq ADV_i^z \leq 4.2 ПДД \\ \frac{10}{ПДД} (6 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 4.2 ПДД \leq ADV_i^z \leq 6 ПДД \end{cases}$ | Высокая | 4 |
| $B_{i5} \in (4 ПДД; +\infty)$ | $\mu_5(ADV_i^z) = \begin{cases} \frac{10}{ПДД} (6 ПДД - ADV_i^z), & \text{если } 4 ПДД \leq ADV_i^z \leq 6 ПДД \\ 1, & \text{если } ADV_i^z \geq 6 ПДД \end{cases}$ | Очень высокая | 5 |

В отношении загрязняющих веществ, относящихся по потенциальной опасности причинения вреда ко 2 рангу (степень «низкая») и выше, требуется корректировка планов воздухоохраных мероприятий для обеспечения эффективной митигации вреда здоровью экспонированного населения.

3.6.7. Для оценки совокупного причиненного вреда экспонированной группе лиц осуществляют следующую последовательность действий:

– присвоение ранга негативному ответу (классу болезней в соответствии с МКБ-10 от C00 до R99) (l) с учетом его тяжести, ранжированной в диапазоне значений от 0 до 1 (приложение 5 к настоящим МУ);

– определение веса (частоты встречаемости) каждого ранжированного по степени тяжести класса болезни в совокупном негативном ответе (P_l) по правилу Фишберна³⁶:

$$P_l = \frac{2(K-l+1)}{(K+1)K}, \quad (5)$$

где P_l – вес ранжированного класса болезни в совокупном негативном ответе;

K – общее количество классов болезней, установленных в совокупном негативном ответе, связанном с аэрогенной экспозицией всех веществ;

l – ранг негативного ответа (класса болезни) по степени тяжести.

– распространение установленного веса каждого класса болезней (P_l) на каждое вещество, формирующее экспозицию и связанный с ней совокупный негативный ответ (G_i);

– определение веса причиненного вреда по каждому классу болезни (наблюдаемого веса) согласно правила перехода от значений хронической средней суточной дозы вещества к весам причиненного вреда здоровью, детерминированного аэрогенной экспозицией, по формуле:

$$P_k = \sum_i G_i \cdot \mu_{ki}, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (6)$$

где P_k – вес причиненного вреда по каждому классу болезни, выявленному в совокупном негативном ответе, связанном с совокупной аэрогенной экспозицией;

G_i – вес каждого вещества, формирующего аэрогенную экспозицию и связанный с ней совокупный негативный ответ;

μ_{ki} – значение функции принадлежности хронической средней суточной дозы каждого вещества, отнесенное к соответствующему диапазону шкалы значений хронических средних суточных доз веществ, потенциально опасных по причинению вреда;

k – категория средней суточной дозы вещества по потенциальной опасности причинения вреда.

– расчет величины совокупного вреда (r) осуществляют на основании установленного веса (тяжести) причиненного вреда по каждому классу болезни, выявленному в совокупном негативном ответе и связанному с совокупной аэрогенной экспозицией, по формуле:

$$r = \sum_{k=1}^5 \overline{r}_k \cdot P_k \quad (7)$$

где r – значение переменной, отражающей совокупный причиненный вред в виде заболевания определенной степени тяжести (класс болезней), детерминированного аэрогенной комбинированной экспозицией веществ;

³⁶ Fishburn, P. C. Review of 'Utility Theory for Decision Making' // IEEE Transactions on Information Theory. – 1972. – V. 18, № 5. – P. 696-697; Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978 – 352 с.

\bar{r}_k – середина каждого диапазона шкалы значений степени тяжести причиненного вреда;

P_k – вес причиненного вреда (тяжесть) по каждому классу болезни, выявленному в совокупном негативном ответе, связанном с совокупной аэрогенной экспозицией.

Графическое изображение диапазонов значений степени тяжести совокупного причиненного вреда (R) представлено на рисунке 3:

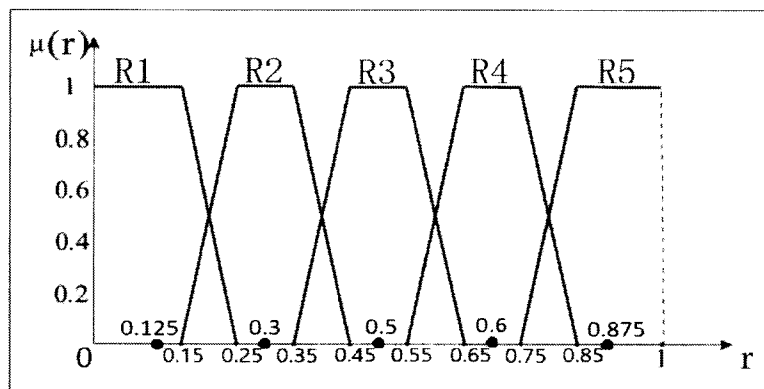


Рисунок 3. Диапазоны шкалы значений степени тяжести совокупного причиненного вреда

3.6.8. Оценку степени тяжести совокупного вреда (R) проводят на основании определения значения функции принадлежности величины причиненного вреда ($\mu_k(r)$) к диапазонам значений шкалы (таблице 9).

Таблица 9

Шкала диапазонов значений степени тяжести совокупного причиненного вреда здоровью

| Диапазон значений степени тяжести причиненного вреда | Функция принадлежности величины причиненного вреда к диапазонам значений шкалы | Степень тяжести совокупного причиненного вреда (R) | |
|--|--|--|---|
| $R_1 \in [0; 0.25]$ | $\mu_1(r) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq r \leq 0.15 \\ 10(0.25 - r), & \text{если } 0.15 \leq r \leq 0.25 \end{cases}$ | Пренебрежимо малая | 1 |
| $R_2 \in (0.15; 0.45]$ | $\mu_2(r) = \begin{cases} 1 - 10(0.25 - r), & \text{если } 0.15 \leq r \leq 0.25 \\ 1, & \text{если } 0.25 \leq r \leq 0.35 \\ 10(0.45 - r), & \text{если } 0.35 \leq r \leq 0.45 \end{cases}$ | Низкая | 2 |
| $R_3 \in (0.35; 0.65]$ | $\mu_3(r) = \begin{cases} 1 - 10(0.45 - r), & \text{если } 0.35 \leq r \leq 0.45 \\ 1, & \text{если } 0.45 \leq r \leq 0.55 \\ 10(0.65 - r), & \text{если } 0.55 \leq r \leq 0.65 \end{cases}$ | Средняя | 3 |
| $R_4 \in (0.55; 0.85]$ | $\mu_4(r) = \begin{cases} 1 - 10(0.65 - r), & \text{если } 0.55 \leq r \leq 0.65 \\ 1, & \text{если } 0.65 \leq r \leq 0.75 \\ 10(0.85 - r), & \text{если } 0.75 \leq r \leq 0.85 \end{cases}$ | Высокая | 4 |
| $R_5 \in [0.75; 1]$ | $\mu_5(r) = \begin{cases} 1 - 10(0.85 - r), & \text{если } 0.75 \leq r \leq 0.85 \\ 1, & \text{если } 0.85 \leq r \leq 1 \end{cases}$ | Очень высокая | 5 |

3.6.9. Совокупный причиненный вред считают значимым при выполнении условия: установленное значение степени тяжести совокупного причиненного вреда принадлежит диапазону шкалы значений, оцениваемому как «низкий» и выше (ранг 2 и выше).

Для эффективной митигации совокупного вреда здоровью населения в зоне под экспозицией формируют перечень загрязняющих веществ, подлежащих обязательному регулированию, у которых ранг степени тяжести совокупного вреда составляет 2 и выше.

3.6.10. Оценку вклада каждого вещества в величину совокупного причиненного вреда здоровью проводят по формуле:

$$Q_i = \bar{r}_k \cdot G_i \cdot \mu_{ki} \cdot 100\% \quad (8)$$

где Q_i – вклад каждого вещества в величину совокупного причиненного вреда здоровью;

\bar{r}_k – середина каждого диапазона шкалы значений степени тяжести совокупного причиненного вреда здоровью;

G_i – вес каждого вещества, формирующего аэрогенную экспозицию и связанный с ней совокупный негативный ответ;

μ_{ki} – значение функции принадлежности хронической средней суточной дозы каждого вещества, отнесенное к соответствующему диапазону шкалы значений среднесуточных доз веществ, потенциально опасных по причинению вреда.

3.6.11. Формирование таблицы согласованных значений данных по установленному вкладу веществ в величину совокупного вреда здоровью проводят по шаблону, представленному в таблице 10.

Таблица 10

Вклад вещества в совокупный вред здоровью

| Наименование класса болезней | Вклад вещества в совокупный вред здоровью, % |
|------------------------------|--|
| Z | Q_i |

3.6.12. Величину совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта по конкретному классу болезни (Δr) определяют для экспонированной группы относительно аналогичной группы неэкспонированных лиц по формуле:

$$\Delta r = r_1 - r_2, \quad (9)$$

где Δr – величина совокупного причиненного вреда здоровью экспонированных лиц относительно нарушений здоровья у неэкспонированной группы лиц за аналогичный период наблюдения (1 год);

r_1 – величина совокупного причиненного вреда здоровью лиц в зоне под экспозицией;
 r_2 – величина нарушений здоровья у лиц в зоне вне экспозиции.

Следует учитывать, что если установленная величина причиненного вреда здоровью лицам в зоне под экспозицией меньше значения наблюдаемых показателей у лиц в зоне вне экспозиции, то Δr принимает значение 0.

3.6.13. Формирование таблицы согласованных значений данных по величине причиненного вреда здоровью в виде негативного эффекта по конкретному классу болезни, детерминированного аэрогенной экспозицией до проведения воздухоохраных мероприятий, проводят по шаблону, представленному в таблице 11.

Таблица 11

Величина совокупного причиненного вреда здоровью в виде негативного эффекта (по конкретному классу болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией до проведения воздухоохраных мероприятий

| Наименование класса болезни | Величина совокупного причиненного вреда, детерминированного аэрогенной экспозицией |
|-----------------------------|--|
| Z_i | Δr |

3.6.14. На основании доказанных фактов причинения вреда здоровью (состоявшееся заболевания) определенному числу экспонированных лиц и оценки вклада каждого вещества, формирующего аэрогенную экспозицию, в совокупный вред здоровью уточняют перечень загрязняющих веществ (приоритетных загрязняющих веществ), выбросы которых подлежат обязательному регулированию.

3.7. Оценка адекватности планируемых воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в целях митигации риска и причиненного совокупного вреда здоровью

3.7.1. Воздухоохраные мероприятия могут иметь статус «Комплексных планов», долгосрочных программ, отдельных мер и др.

3.7.2. Адекватность воздухоохраных мероприятий оценивают на основании сравнительного анализа перечня веществ, включенных в планы, и уточненного перечня веществ, фактически участвующих в причинении вреда здоровью экспонированного населения, подлежащих обязательному регулированию.

В результате определяют перечень загрязняющих веществ (приоритетных загрязняющих веществ), в отношении которых требуется разработка или корректировка существующих мероприятий по ограничению выбросов³⁷.

3.7.3. Формирование таблицы данных по перечню загрязняющих веществ (приоритетных загрязняющих веществ), выбросы которых подлежат обязательному регулированию, проводят по шаблону, представленному в таблице 12.

Таблица 12

Список веществ, выбросы которых подлежат обязательному регулированию по критериям причиненного вреда здоровью

| Перечень веществ, выбросы которых подлежат регулированию планируемыми (или внедренными) воздухоохранными мероприятиями | Уточненный перечень веществ, причиняющих вред здоровью, выбросы которых подлежат обязательному регулированию | Окончательный список веществ, выбросы которых подлежат обязательному регулированию |
|--|--|--|
| <i>i₁</i> | - | <i>i₂</i> |
| <i>i₂</i> | <i>i₂</i> | <i>i₃</i> |
| <i>i₃</i> | <i>i₃</i> | <i>i₄</i> |
| - | <i>i₄</i> | <i>i₅</i> |
| - | <i>i₅</i> | |

Перечни загрязняющих веществ (приоритетных загрязняющих веществ) подлежат уточнению в ходе мониторинга эффективности воздухоохранных мероприятий расчетным методом или по результатам выборочных направленных медицинских обследований населения.

3.8. Верификация фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохранных мероприятий субъектов хозяйственной деятельности, в зоне риска причинения вреда здоровью населения

3.8.1. Выполняется оценка воздухоохранных мероприятий по дополнительному снижению выбросов приоритетных примесей через расчет рассеивания выбросов предприятий с оценкой долевых вкладов отдельных хозяйствующих субъектов в загрязнение воздуха конкретным веществом с учетом планируемых мероприятий.

Уточнение расчетных данных проводится по результатам инструментальных замеров³⁸.

³⁷ Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха».

³⁸ Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813.

При не достижении целевой приземной концентрации разрабатываются дополнительные мероприятия и проводятся итерационные расчеты рассеивания.

3.8.2. С целью рекогносцировочной оценки ситуации при отсутствии сводной базы данных об источниках могут быть выполнены укрупненные расчеты по верификации фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохраных мероприятий.

3.8.3. Верификацию фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохраных мероприятий, проводят с целью сопоставления фактической массы выбросов загрязняющих веществ, включенных в планы, с реальной нагрузкой, приходящейся на зону под экспозицией, для исключения возможного (в том числе непреднамеренного) занижения массы выбросов, подлежащих плановому регулированию субъектами хозяйственной деятельности.

Верификацию осуществляют по результатам государственного мониторинга атмосферного воздуха на стационарных постах наблюдения системы Росгидромета и (или) результатам государственного социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора на стационарных и маршрутных точках наблюдения, и (или) или по результатам специальных контролируемых натурных исследований, проводимых в рамках гигиенических экспертиз, расследований, обследований, исследований и иных видов оценок.

3.8.4. Верификацию совокупной аэрогенной нагрузки веществ (тонны/год), приходящейся на население, подверженное воздействию экспозиции, по данным натурных наблюдений проводят для каждого загрязняющего вещества в отношении каждого и в целом всех хозяйствующих субъектов в зоне под экспозицией по формуле:

$$V_i = \frac{C_i \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot 31,536, \quad (10)$$

где V_i – аэрогенная нагрузка вещества, приходящаяся на население в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), т/год;

C_i – средняя за год концентрация вещества в атмосферном воздухе в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), мг/м³;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе;

m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выброса из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

H – высота источника выброса, м;

V_1 – расход газовой смеси, м³/с;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_{Γ} и температурой атмосферного воздуха $T_{\text{В}}$, °С.

31.536 – коэффициент пересчета г/с в т/год.

Значения коэффициентов в формуле 10 применяются для конкретных условий³⁹.

3.8.5. Формирование таблицы согласованных значений данных по уровню аэрогенной нагрузки каждого вещества, приходящейся на население в зоне под экспозицией, проводят по шаблону, представленному в таблице 13.

Таблица 13

**Аэрогенная нагрузка вещества, приходящаяся на население
в зоне под экспозицией**

| Наименование вещества | Аэрогенная нагрузка вещества (V_i), т/год |
|-----------------------------|---|
| Вещество (i) | V_i |
| Совокупно по всем веществам | $\sum V_{id}$ |

3.8.6. Среднюю концентрацию вещества в атмосферном воздухе (C_i) (мг/м³) в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), необходимую для расчета аэрогенной нагрузки за соответствующий период наблюдения (1 год), рассчитывают по формуле:

$$C_i = \frac{1}{n^B} \sum_{j=1}^{n^{IB}} C_{c.g.j}^i, \quad (11)$$

где C_i – средняя за год концентрация вещества в атмосферном воздухе в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), мг/м³;

$C_{c.g.j}^i$ – средняя годовая концентрация вещества в атмосферном воздухе в контрольной точке, к которой отнесен (выполнена адресная привязка) индивидуум, входящий в выборку, подлежащую контролируемому углубленному медицинскому обследованию из зоны под экспозицией, мг/м³;

n^B – количество лиц в выборке, подлежащей контролируемому углубленному медицинскому обследованию.

3.8.7. Расчет массы выброса в атмосферный воздух по каждому веществу для каждого хозяйствующего субъекта в зоне его размещения проводят по формуле:

$$V_{iP} = V_i \cdot \frac{1}{L} \cdot \omega \cdot v \cdot EF \cdot (T_{out} + T_{in}), \quad (12)$$

где V_{iP} – аэрогенная нагрузка вещества, приходящаяся на население, (фактическая масса выброса) от каждого хозяйствующего субъекта с учетом его размещения, т/год;

³⁹ Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273.

V_i – аэрогенная нагрузка вещества, приходящаяся на население в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), т/год;

L – расстояние от границы промышленной площадки хозяйствующего субъекта до ближайшей контрольной точки в зоне под экспозицией, км;

ω – частота повторяемости неблагоприятных метеорологических условий (далее – НМУ) в зоне под экспозицией;

v – скорость ветра при НМУ, км/ч;

EF – частота воздействия, дней/год (для хронической экспозиции 350 дней в год);

T_{out} – время, проводимое вне помещения в зоне под экспозицией, ч/день (8 ч/день);

T_{in} – время, проводимое внутри помещения в зоне под экспозицией, ч/день (16 ч/день).

3.8.8. Если вещество выбрасывается несколькими хозяйствующими субъектами, то расчет аэрогенной нагрузки вещества в зоне размещения хозяйствующего субъекта проводят по формуле:

$$V_{i\Sigma p} = \sum_i \left(V_i \cdot 0,01 \cdot Q_p \cdot \frac{1}{L_p} \right) \cdot \omega \cdot v \cdot EF \cdot (T_{out} + T_{in}), \quad (13)$$

где $V_{i\Sigma p}$ – суммарная аэрогенная нагрузка вещества от всех хозяйствующих субъектов, т/год;

V_i – аэрогенная нагрузка вещества, приходящаяся на население в зоне под экспозицией (с учетом всех контрольных точек), т/год;

Q_p – вклад конкретного хозяйствующего субъекта в аэрогенную нагрузку вещества в зоне размещения хозяйствующего субъекта, %;

L_p – расстояние от границы промплощадки хозяйствующего субъекта до ближайшей к нему контрольной точки в зоне под экспозицией, км;

ω – частота повторяемости НМУ в зоне под экспозицией;

v – скорость ветра при НМУ, км/ч;

EF – частота воздействия, дней/год (для хронической экспозиции 350 дней в год);

T_{out} – время, проводимое вне помещения в зоне под экспозицией, ч/день (8 ч/день);

T_{in} – время, проводимое внутри помещения в зоне под экспозицией, ч/день (16 ч/день).

3.8.9. Формирование таблицы согласованных значений данных по планируемой к регулированию и верифицированной аэрогенной нагрузке вещества, создаваемой хозяйствующим субъектом в зоне его размещения, проводят по шаблону, представленному в таблице 14.

Таблица 14

Планируемая к регулированию и верифицированная аэрогенная нагрузка вещества, создаваемая хозяйствующим субъектом в зоне его размещения

| Вещество | Аэрогенная нагрузка вещества, создаваемая хозяйствующим субъектом в зоне его размещения, т/год | | | | | | |
|------------|--|------------------|----------------|-----|---------------|------------------|----------------|
| | Предприятие 1 | | | ... | Предприятие n | | |
| | планируемая | верифицированная | расхождение, % | | планируемая | верифицированная | расхождение, % |
| Вещество 1 | V | V _{ip} | Δ | | V | V _{ip} | Δ |
| ... | | | | | | | |
| Вещество i | V | V _{ip} | Δ | | V | V _{ip} | Δ |

3.8.7. Верифицированная масса аэрогенной нагрузки вещества, создаваемой хозяйствующим субъектом в зоне его размещения (фактическая масса выброса), сравнивают с массой выброса вещества, представленного в форме государственной статистической отчетности хозяйствующего субъекта. По результатам сопоставления рассчитывают процент расхождения. При 25%-ном расхождении принимают решение о дальнейшем уточнении массы выбросов, подлежащих плановому регулированию.

3.9. Оценка достаточности воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохраных мероприятий субъектов, осуществляющих хозяйственную деятельность в зоне под экспозицией

3.9.1. Оценку достаточности воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ проводят на основании анализа планируемой массы снижения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, предусмотренных планами воздухоохраных мероприятий каждого субъекта хозяйственной деятельности.

Для этого проводят критериальный сравнительный анализ величин причиненного вреда до и после проведения воздухоохраных мероприятий.

3.9.2. Расчет массы выброса каждого вещества, достаточного для митигации риска и причиненного вреда здоровью (в соответствии с уточненным перечнем веществ, рекомендованных для включения в планы воздухоохраных мероприятий согласно п. 3.7.3) от каждого хозяйствующего субъекта осуществляют на основе оценки запланированного хозяйствующим субъектом массы снижения валового выброса по отношению к исходному (текущему) уровню валового выброса, подлежащего корректировке, с учетом вклада каждого вещества в общую массу выброса в атмосферный воздух, осуществляющим каждым хозяйствующим субъектом, и проводят по формуле:

$$V_{ipW} = V_{ip} \cdot (1 - 0,01 \cdot W), \quad (14)$$

где V_{ipW} – масса выброса каждого вещества от каждого хозяйствующего субъекта в зоне его размещения, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью, т/год;

V_{ip} – фактическая масса выброса каждого вещества в атмосферный воздух каждым хозяйствующим субъектом в зоне его размещения, т/год;

W – запланированная доля в снижении валового выброса хозяйствующим субъектом по отношению к исходному уровню валового выброса, подлежащего корректировке, %.

3.9.3. Расчет аэрогенной нагрузки каждого вещества от каждого хозяйствующего субъекта, достаточной для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией (до ближайшей контрольной точки от каждого хозяйствующего субъекта) проводят по формуле:

$$V_{iNP} = \frac{V_{iPW} \cdot L}{\omega \cdot v \cdot EF \cdot (T_{out} + T_{in})}, \quad (15)$$

где V_{iNP} – аэрогенная нагрузка вещества от каждого хозяйствующего субъекта, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью в зоне под экспозицией, т/год;

V_{iPW} – масса выброса каждого вещества от каждого хозяйствующего субъекта в зоне его размещения, достаточный для митигации риска и причиненного вреда здоровью, т/год;

L – расстояние от границы промплощадки хозяйствующего субъекта до ближайшей контрольной точки в зоне под экспозицией, км;

ω – частота повторяемости НМУ в зоне под экспозицией;

v – скорость ветра при НМУ, км/ч;

EF – частота воздействия, дней/год (для хронической экспозиции 350 дней в год);

T_{out} – время, проводимое в зоне под экспозицией вне помещения, ч/день (8 ч/день);

T_{in} – время, проводимое в зоне под экспозицией внутри помещения, ч/день (16 ч/день).

3.9.4. Если вещество выбрасывается несколькими хозяйствующими субъектами, то расчет аэрогенной нагрузки вещества от нескольких хозяйствующих субъектов, достаточной для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией проводят с учетом вклада конкретного хозяйствующего субъекта в массу выброса вещества по формуле:

$$V_{iN \sum P_i} = \frac{\sum_i (V_{iPW} \cdot L_p)}{\omega \cdot v \cdot EF \cdot (T_{out} + T_{in})}, \quad (16)$$

где $V_{iN \sum P_i}$ – аэрогенная нагрузка вещества, выбрасываемая несколькими хозяйствующими субъектами, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией, т/год;

V_{iPW} – масса выброса каждого вещества от каждого хозяйствующего субъекта в зоне его размещения, потенциально достаточный для митигации риска и причиненного вреда здоровью, т/год;

L_p – расстояние от границы промышленной площадки хозяйствующего субъекта до ближайшей контрольной точки в зоне под экспозицией, км;

ω – частота повторяемости НМУ в зоне под экспозицией;

v – скорость ветра при НМУ, км/ч;

EF – частота воздействия, дней/год (для хронической экспозиции 350 дней в год);

T_{out} – время, проводимое вне помещения в зоне под экспозицией, ч/день (8 ч/день);

T_{in} – время, проводимое внутри помещения в зоне под экспозицией, ч/день (16 ч/день).

3.9.5. Формирование таблицы согласованных значений данных по уровню аэрогенной нагрузки вещества от каждого хозяйствующего субъекта, достаточной для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией проводят по шаблону, представленному в таблице 15.

Таблица 15

Аэрогенная нагрузка вещества от каждого хозяйствующего субъекта, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией

| Хозяйствующий субъект | Аэрогенная нагрузка вещества, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью в зоне под экспозицией, т/год |
|-----------------------|---|
| Предприятие 1 | V_{iNP} |
| Предприятие m | V_{iNP} |

3.9.6. Расчет хронической средней суточной дозы каждого вещества (в соответствии с окончательным перечнем веществ, рекомендованным для включения в планы воздухоохраных мероприятий хозяйствующих субъектов), не создающей опасности причинения вреда здоровью в зоне под экспозицией, для каждого хозяйствующего субъекта проводят с учетом величины V_{iNP} , установленной для наиболее неблагоприятных метеорологических условий и для условий хронического комбинированного воздействия аэрогенных загрязнений, по формуле:

$$ADV_{iN}^K = \frac{V_{iNP} \cdot A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot EF \cdot ED}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T} \cdot 31,536 \cdot BW \cdot AT \cdot 365} \quad (17)$$

где ADV_{iN}^K – хроническая средняя суточная доза вещества, не создающая опасности причинения вреда здоровью (ни по одному из всего спектра выявленных заболеваний) в условиях аэрогенного комбинированного воздействия при НМУ в зоне под экспозицией, мг/(кг*сутки);

V_{iNP} – аэрогенная нагрузка вещества от каждого хозяйствующего субъекта, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью, в зоне под экспозицией, т/год;

ED – продолжительность воздействия, лет;

BW – масса тела, кг;

AT – период осреднения экспозиции, лет (70 лет);

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе;

m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выброса из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

H – высота источника выброса, м;

V_1 – расход газовойоздушной смеси, м³/с;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_T и температурой атмосферного воздуха T_B , °C;

31.536 – коэффициент пересчета г/с в т/год.

3.9.7. Формирование таблицы согласованных значений данных по величине хронической средней суточной дозе вещества, не создающей опасности причинения вреда здоровью экспонированных лиц, проводят по шаблону, представленному в таблице 16.

Таблица 16

Хроническая средняя суточная доза вещества, не создающая опасности причинения вреда здоровью экспонированных лиц (для наихудших сочетанных воздействий в НМУ)

| Хозяйствующий субъект | Хроническая средняя суточная доза вещества после проведения запланированных субъектом воздухоохраных мероприятий, не создающая опасности причинения вреда здоровью, мг/(кг*сутки) |
|-----------------------|---|
| Предприятие 1 | ADV_{iN}^K |
| Предприятие m | ADV_{iN}^K |

Ранжирование величин установленной хронической средней суточной дозы вещества, не создающей потенциальной опасности причинения вреда здоровью по всему спектру выявленных классов болезней, осуществляют по показателю категории опасности, присвоенному в соответствии со шкалой потенциальной опасности причинения вреда здоровью при аэрогенных экспозициях (таблица 6).

3.9.8. Оценку достаточности воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводят на основании сравнительной оценки результатов ранжирования фактической хронической средней суточной дозы каждого вещества, потенциально опасной по причинению вреда здоровью по всему спектру выявленных классов болезней, до и после проведения воздухоохраных мероприятий.

3.9.9. Формирование таблицы согласованных значений данных по результатам ранжирования хронической средней суточной дозы вещества, потенциально опасной по причинению вреда здоровью по всему спектру выявленных классов болезней у экспонированных лиц до и после проведения воздухоохраных мероприятий, проводят по шаблону, представленному в таблице 17.

Таблица 17

Ранжирование хронической средней суточной дозы вещества, потенциально опасной по причинению вреда здоровью по всему спектру выявленных классов болезней у экспонированных лиц, до и после проведения воздухоохраных мероприятий

| Вещество | Ранг хронической средней суточной дозы вещества по степени потенциальной опасности причинения вреда здоровью (Rg) | |
|----------|---|---|
| | до проведения воздухоохраных мероприятий | после проведения воздухоохраных мероприятий |
| i | Rg_i^K | Rg_{iN}^K |

3.9.10. Заключение об адекватности и достаточности планируемых воздухоохраных мероприятий проводят в соответствии с критериями оценки, представленными в таблице 18.

Таблица 18

Критерии оценки адекватности и достаточности воздухоохраных мероприятий

| Название критерия | Критерий оценки | Категория оценки |
|---|--|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Адекватность мероприятий в отношении перечня загрязняющих веществ | Запланированный перечень веществ полностью совпадает с уточненным перечнем веществ, потенциально опасных по причинению вреда здоровью и рекомендованных к включению в планы воздухоохраных мероприятий | Адекватны |
| | Запланированный перечень веществ частично (недостаточны или избыточны) совпадает с уточненным перечнем веществ, потенциально опасных по причинению вреда здоровью и рекомендованных к включению в планы воздухоохраных мероприятий | Частично адекватны |
| | Запланированный перечень веществ полностью не совпадает с уточненным перечнем веществ, потенциально опасных по причинению вреда и рекомендованных к включению в планы воздухоохраных мероприятий | Неадекватны |
| Достаточность мероприятий в отношении запланированной массы снижения выброса загрязняющих веществ | Степень потенциальной опасности причинения вреда здоровью достигла целевого показателя ($Rg < 2$) после проведения воздухоохраных мероприятий | Достаточны |
| | Степень потенциальной опасности причинения вреда здоровью снизилась, но не достигла целевого показателя ($Rg < 2$) после проведения воздухоохраных мероприятий (недостаточны) | Частично достаточны |
| | Степень потенциальной опасности причинения вреда здоровью не изменилась после проведения воздухоохраных мероприятий | Недостаточны |

3.9.11. Перечень и массу выбросов загрязняющих веществ, включенных в воздухоохраные мероприятия, корректируют только для тех веществ, в отношении которых эффективность мероприятий оценивается критериями: «частично адекватны» и «неадекватны», а также «частично достаточны» и «недостаточны».

3.10. Митигация рисков и причиненного вреда здоровью населения в зоне под экспозицией

3.10.1. Митигацию рисков и причиненного вреда здоровью населения в зоне под экспозицией осуществляют по перечню загрязняющих веществ, в отношении которых ранг потенциальной опасности причинения вреда составляет 2 и выше ($Rg \geq 2$) или ($\geq 0.5 ПДД$).

3.10.2. Для устранения потенциальной опасности причинения вреда здоровью населения и достижения эффективности планируемых (или внедренных) воздухоохраных мероприятий категории «достаточно» рассчитывают величину рекомендуемого дополнительного снижения хронической средней суточной дозы для каждого вещества, включенного в перечень компонентов, подлежащих обязательному регулированию, по формуле:

$$\Delta ADD_{iN}^K = \frac{(ADV_{iN}^K - 0.5 ПДД)}{ADV_{iN}^K} \cdot 100\%, \quad (18)$$

где ΔADD_{iN}^K – дополнительная доля хронической средней суточной дозы вещества, рекомендуемая для устранения потенциальной опасности причинения вреда здоровью населению, %;

ADV_{iN}^K – хроническая средняя суточная доза вещества, не создающая потенциальной опасности причинения вреда здоровью (ни по одному из всего спектра выявленных заболеваний) в условиях комбинированного воздействия аэрогенных загрязнений при НМУ, мг/(кг*сутки);

3.10.3. Расчет требуемой массы выброса каждого вещества в атмосферный воздух от каждого хозяйствующего субъекта, обеспечивающей дополнительное снижение аэрогенной нагрузки, достаточной для митигации риска и причиненного вреда, осуществляют на величину, соответствующую дополнительно к запланированной доле снижения хронической средней суточной дозы вещества (%) для устранения потенциальной опасности причинения вреда здоровью, а, следовательно, для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий категории «достаточно», и проводят по формуле:

$$\Delta V_{iPW} = \frac{V_{iPW} \cdot \Delta ADD_{iN}^K}{100\%}, \quad (19)$$

где ΔV_{iPW} – дополнительно к запланированной масса снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий хозяйствующим субъектом, т/год;

V_{iPW} – масса выброса вещества в атмосферный воздух от каждого хозяйствующего субъекта в зоне его размещения, достаточная для митигации риска и причиненного вреда здоровью в зоне под экспозицией, т/год;

ΔADD_{iN}^K – дополнительно к запланированной доля снижения средней суточной дозы вещества для митигации риска и причиненного вреда здоровью в зоне под экспозицией, %;

3.10.4. Формирование таблицы согласованных значений данных по массе выброса вещества в атмосферный воздух, на величину которой требуется дополнительное снижение (по критерию уменьшения вреда здоровью населения) для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий, проводят по шаблону, представленному в таблице 19.

Масса выброса вещества в атмосферный воздух, на величину которой требуется дополнительное снижение по критерию уменьшения вреда здоровью населения

| Хозяйствующий субъект | Масса выброса вещества в атмосферный воздух, на величину которой требуется дополнительное снижение по критерию уменьшения вреда здоровью населения, т/год |
|-----------------------|---|
| Предприятие 1 | ΔV_{iPW} |
| Предприятие n | ΔV_{iPW} |

3.10.5. Расчет дополнительного к запланированному объема снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий проводят по формуле:

$$Q_p = \frac{\Delta V_{i\sum PW}}{V_{i\sum P}} \cdot 100\%, \quad (20)$$

где Q_p – дополнительный к запланированному объем снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий, %;

$\Delta V_{i\sum PW}$ – дополнительно к запланированной масса снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий всеми хозяйствующими субъектами, т/год;

$V_{i\sum P}$ – суммарная аэрогенная нагрузка вещества от всех хозяйствующих субъектов, т/год.

Формирование таблицы согласованных значений данных по дополнительному к запланированному объему снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий, проводят по шаблону, представленному в таблице 20.

Дополнительный к запланированному объем снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий

| Вещество | Дополнительный к запланированному объем снижения выброса вещества для достижения эффективности воздухоохраных мероприятий, % |
|----------|--|
| i | Q_p |

3.10.6. Митигацию рисков и вреда здоровью в зоне под экспозицией проводят для наиболее чувствительной субпопуляции населения (ранее подлежащей углубленному медицинскому обследованию) на основании повторной оценки

величины совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по конкретному классу болезни) (Δr_N) после проведенных воздухоохраных мероприятий.

3.10.6.1. Оценку эффективности комплекса планируемых или фактически проведенных воздухоохраных мероприятий проводят на основании повторного расчета величины совокупного причиненного вреда здоровью (по конкретному классу болезни) (Δr_N) в соответствии с разделом 6.

3.10.6.2. Формирование таблицы согласованных значений данных по величине совокупного причиненного вреда здоровью в виде негативного эффекта по конкретному классу болезни, детерминированного аэрогенной экспозицией после проведения воздухоохраных мероприятий, проводят по шаблону, представленному в таблице 21.

Таблица 21

Совокупный причиненный вред здоровью в виде негативного эффекта (по конкретному классу болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведения воздухоохраных мероприятий

| Наименование класса болезни | Величина совокупного причиненного вреда, детерминированного аэрогенной экспозицией после проведения воздухоохраных мероприятий |
|-----------------------------|--|
| Z_i | Δr |

3.10.6.3. Если установленное значение причиненного вреда здоровью после проведенных воздухоохраных мероприятий в зоне под экспозицией равно значению выявленных нарушений здоровья обследованных лиц зоны вне экспозиции, то Δr_N принимает значение 0.

3.10.6.4. Среднее значение совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, до ($cp \Delta r$) и после ($cp \Delta r_N$) проведенных воздухоохраных мероприятий вычисляют по формулам:

$$cp \Delta r = \frac{\sum \Delta r_k}{K}, \quad (21)$$

где $cp \Delta r$ – среднее значение совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, до проведенных воздухоохраных мероприятий;

Δr_k – значение совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, до проведенных воздухоохраных мероприятий;

K – общее количество всех выявленных классов болезней.

$$cp\Delta r_N = \frac{\sum_K \Delta r_{NK}}{K} \quad (22)$$

где $cp\Delta r_N$ – среднее значение совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий;

Δr_{NK} – значение совокупного причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий;

K – общее количество всех выявленных классов болезней.

3.10.7. Эффективность снижения совокупного причиненного вреда, детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий оценивают по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(\frac{cp\Delta r - cp\Delta r_N}{cp\Delta r} \right) \cdot 100\%, \quad (23)$$

где \mathcal{E} – эффективность снижения совокупного причиненного вреда, детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий, %;

$cp\Delta r$ – среднее значение совокупного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, до проведенных воздухоохраных мероприятий;

$cp\Delta r_N$ – среднее значение причиненного вреда в виде негативного эффекта (по совокупности всех выявленных классов болезней), детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий.

3.10.8. Оценку эффективности предотвращенного вреда, детерминированного аэрогенной экспозицией, после проведенных воздухоохраных мероприятий осуществляют в соответствии со шкалой, представленной в таблице 22.

Таблица 22

Оценка эффективности запланированных (внедренных) воздухоохраных мероприятий по критериям предотвращенного вреда здоровью

| Эффективность (\mathcal{E}), % | Степень эффективности |
|------------------------------------|-----------------------|
| 0 – 20 | неприемлемая |
| 20 – 40 | низкая |
| 40 – 60 | приемлемая |
| 60 – 80 | достаточная |
| 80 – 100 | высокая |

Формирование таблицы по результатам оценки эффективности запланированных (внедренных) воздухоохраных мероприятий по критериям

предотвращенного вреда здоровью проводят по шаблону, представленному в таблице 23.

Таблица 23

Эффективность запланированных (внедренных) воздухоохраных мероприятий по критериям предотвращенного вреда здоровью

| Совокупный причиненный вред, детерминированный аэрогенной экспозицией | | Эффективность (Э), % | Степень эффективности |
|---|---|----------------------|-----------------------|
| до проведения воздухоохраных мероприятий | после проведения воздухоохраных мероприятий | | |
| $cp\Delta r$ | $cp\Delta r_N$ | Э | |

3.10.8. Для объективизации оценок эффективности внедренных воздухоохраных мероприятий необходимо проведение динамических наблюдений с повторным специальным медицинским обследованием (п. 3.3.3) репрезентативной выборки лиц в зоне под экспозицией, включающем весь комплекс диагностических мероприятий в соответствии с методическими указаниями⁴⁰.

3.10.9. Долю суммарного числа лиц с причиненным вредом здоровью, детерминированным аэрогенной экспозицией, по каждому классу болезней ($\sum N^{Z^{\circ}}$) и по совокупности классов болезней ($\sum N^{K^{\circ}}$), после внедрения воздухоохраных мероприятий рассчитывают от количества лиц (n) в выборке, и выражают в %:

$$\frac{\sum N^{Z^{\circ}}}{n} \cdot 100 \% \text{ и } \frac{\sum N^{K^{\circ}}}{n} \cdot 100 \%$$

3.10.10. Сравнительный анализ доли суммарного числа лиц с причиненным вредом здоровью, детерминированным аэрогенной экспозицией, до и после внедрения воздухоохраных мероприятий позволит оценить их эффективность.

Мероприятия считаются эффективными, если частота причинения вреда экспонированным индивидуумам составляет не более $1 \cdot 10^{-4}$.

3.10.11. При отсутствии или низкой эффективности воздухоохраных мероприятий требуется разработка (планирование) дополнительных мер, а при их избыточности целесообразна корректировка для перевода степени эффективности в категорию «достаточно».

⁴⁰ МУ 2.1.10.3165-14 от 23.05.2014.

3.11. Экономическая оценка эффективности плана воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по отношению к исходному уровню валового выброса, подлежащего корректировке

3.11.1. Оценка экономической эффективности плана воздухоохраных мероприятий проводят на основании сравнительного анализа данных по объему финансирования, запланированному каждым хозяйствующим субъектом для снижения валового выброса по отношению к исходному уровню валового выброса, подлежащего корректировке.

3.11.2. Расчет средней стоимости затрат на снижение одной тысячи тонн (М) валового выброса в атмосферный воздух (млрд. руб.) для каждого хозяйствующего субъекта проводят по формуле:

$$M = \frac{F}{W}, \quad (24)$$

где M – средняя стоимость затрат на снижение одной тысячи тонн валового выброса хозяйствующего субъекта, млрд. руб./тыс. т;

F – запланированный объем финансирования (сумма всех источников финансирования), млрд. руб.;

W – запланированная масса снижения выброса, тыс. т/год.

3.11.3 Расчет ориентировочной стоимости затрат на воздухоохраные мероприятия по реализации дополнительно к запланированному снижению массы выбросов в атмосферный воздух для каждого хозяйствующего субъекта проводят по формуле:

$$M_{V_{\text{общ}}P} = \frac{\Delta V_{iPW} \cdot M_P}{1000}, \quad (25)$$

где $M_{V_{\text{общ}}P}$ – ориентировочная стоимость затрат на мероприятия для реализации снижения дополнительно к запланированной массы выбросов по каждому хозяйствующему субъекту, млрд. руб.;

ΔV_{iPW} – масса выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух, на величину которой требуется дополнительное снижение, т/год;

M_P – стоимость затрат на снижение одной тысячи тонн валового выброса, осуществляемого хозяйствующим субъектом, млрд. руб./тыс. т.

3.11.4. Формирование таблицы согласованных значений данных по ориентировочной стоимости затрат на мероприятия по реализации дополнительно к запланированной массы выбросов в атмосферный воздух, требующей снижения, для каждого хозяйствующего субъекта проводят по шаблону, представленному в таблице 24.

**Ориентировочная стоимость затрат на мероприятия по реализации
дополнительно к запланированной массы выбросов
в атмосферный воздух, требующей снижения, для каждого
хозяйствующего субъекта**

| Хозяйствующий субъект | Ориентировочная стоимость затрат на мероприятия по реализации дополнительно к запланированной массы выбросов в атмосферный воздух, требующей снижения (млрд. руб.) |
|------------------------------|---|
| Предприятие 1 | M_1 |
| Предприятие m | M_m |

3.11.5. Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха может быть выполнена как на основании оценки вреда здоровью (настоящие МУ), так и на основании оценки риска здоровью населения в соответствии с методическими рекомендациями⁴¹.

⁴¹ МР 2.1.10.0156-19 от 02.12.2019; МР 5.1.0158-19 от 02.12.2019.

Перечень химических веществ и этиопатогенетические механизмы их воздействия на органы и системы при хронической экспозиции (пример)

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|--|
| Алюминий | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Воздействует на тканевый гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов. Воздействует на фактор некроза опухоли, интерферон, липополисахариды, интерлейкины 8, 1, которые способны индуцировать экспрессию адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁴² |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Через гидроксильную группу формирует с цитратом металлоцитратный комплекс, препятствующий росту кристаллов фосфата кальция и угнетающий минерализацию остеоида ⁴³ . Обладает синергизмом действия с фтором при их комбинированном поступлении ⁴⁴ |
| | Болезни нервной системы* | Нарушает процессы генерации, проведения и передачи нервного импульса посредством астроцит-зависимого усиления окислительного стресса, потенцирования эксайтотоксичности, синаптической и нейроваскулярной дисфункции, нейровоспаления и гибели нейронов ⁴⁵ |

⁴² Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells // Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

⁴³ Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы. Экологическая химия. 2012. № 21(3). С.:172-86.

⁴⁴ Sharma Shweta, Sharma D., Sharma S., Rajawat A., Jain S., Upreti N., Yadav A., Pandey A., Sharma K. P. Comparative study on acute toxicity of fluoride, aluminium and aluminium fluoride to Swiss albino mice // Australasian journal of ecotoxicology. 2010. Vol. 16. P. 41-47.

⁴⁵ Salmina A. B., Petrova M. M., Taranushenko T. E., Prokopenko S. V., Malinovskaya N. A., Okuneva O. S., Inzhutova A. I., Morgun A. V., Fursov A. A. Alteration of neuron-glia interactions in neurodegeneration: molecular biomarkers and therapeutic strategy // Neurodegenerative diseases: processes, prevention, protection and monitoring / ed. R. C.-C. Chang. Rijeka: InTech, 2011. P. 273300; Deloncle R., Guillard O, Clanet F., Courtois P., Piriou A. Aluminum transfer as glutamate complex through blood-brain barrier. Possible implication in dialysis encephalopathy. Biological Trace Element Research. 1990; 25: 3945; Levesque L, Mizzen CA, McLachlan DR, Fraser PE. Ligand specific effects on aluminum incorporation and toxicity in neurons and astrocytes. Brain Research. 2000; 877: 191202; Yokel R., The toxicology of aluminum in the brain. Neurotoxicology. 2000. № 21(5). T. 813-829.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|---|--|
| | Болезни органов дыхания* | Вызывает воспаление и повреждение тканей, уменьшение количество бокаловидных клеток и толщину эпителия ⁴⁶ , что приводит к сокращению пула фагоцитирующих макрофагов и эпителиальных клеток, участвующих в защитной функции дыхательных путей от негативного воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха ⁴⁷ |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ* | Вызывает нарушение фосфорного обмена (при хронической пероральной экспозиции), что ведет к снижению всасывания глюкозы из кишечника. В результате возникает гипогликемия, падает уровень гликогена в печени, возрастает уровень лактата в печени и пирувата в печени и мышцах ⁴⁸ |
| | Болезни системы кровообращения | Частицы оксида алюминия размером меньше 20 нм способны проникать в систему кровообращения, где могут вызывать кардиоваскулярные заболевания, такие как атеросклероз и гипертония, с большой вероятностью тромбообразования в результате свёртывания крови или нарушения функций или структуры сосудистого эндотелия ⁴⁹ . В избыточных концентрациях АФК играют важную роль в патогенезе ряда сердечно-сосудистых заболеваний. Центральный механизм процесса – это образование окисленных липопротеинов низкой плотности, в первую очередь, окисленных фосфолипидов, повреждающих эндотелий, и с помощью фермента фосфолипазы А2 распадающихся с образованием провоспалительных и проатерогенных медиаторов с многочисленными механизмами реализации данных влияний. Сосудистая функция страдает первично вследствие снижения биодоступности NO и постоянного увеличения продукции активных форм кислорода и азота ⁵⁰ |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Способен проникать через плаценту и накапливаться в тканях плода, вызывая различные нарушения развития, включая внутриутробную смерть, пороки развития, замедленное формирование скелета, задержку роста (по данным экспериментальных исследований) ⁵¹ |
| Фтористые газообразные соединения | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Нарушает тканевой гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов. Воздействует на фактор некроза опухоли, интерферон, липополисахариды, интерлейкины 8, 1, что способствует экспрессии |

⁴⁶ Carvalho-Oliveira R., Pires-Neto R.C., Bustillos J.O.V., Macchione M., Dolhnikoff M., Saldiva P.H., Garcia M., Bueno Garcia M.L. Chemical composition modulates the adverse effects of particles on the mucociliary epithelium. Clinics. 2015; 70(10): 706-13. Doi: 10.6061/clinics/2015(10)09.

⁴⁷ Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Колпаков Ф.А. О роли загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами в патогенезе хронических неинфекционных заболеваний. Сибирский медицинский журнал. 2018; 33(1): 7-13. Doi: 10.29001/2073-8552-2018-33-1-7-13.

⁴⁸ Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы. Экологическая химия. 2012. № 21(3). С.172-86.

⁴⁹ Yildirim A., Ozgur E., and Bayindir M. Impact of mesoporous silica nanoparticle surface functionality on hemolytic activity, thrombogenicity and non-specific protein adsorption // Journal of Materials Chemistry B. 2013. № 1.P. 19091920.

⁵⁰ Hajjar D.P., Gotto A.M. Biological relevance of inflammation and oxidative stress in the pathogenesis of arterial diseases. The American journal of pathology. 2013; 182 (5) 1474-81.

⁵¹ Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы. Экологическая химия. 2012; 21(3):172-86.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | | адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁵² . Воздействует на кожу, вызывая раздражение кожи и слизистых оболочек, включая зуд, жжение и сыпь ⁵³ |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани* | Вызывает резорбцию костной ткани в следствие исключительно высокой реакционной способности фторид-иона и декальцинирующего действия на протоплазму клетки. Характерно выраженное митогенное действие на остеобласты, что нарушает кальциевый баланс ⁵⁴ и синтез коллагена в костной ткани. Изменяется структура, физико-химические свойства кости, что способствует активизации остеокластической реакции и нарушению ремоделирования костной ткани ⁵⁵ . Обладает синергизмом действия с алюминием при их комбинированном поступлении ⁵⁶ |
| | Болезни нервной системы | Нарушает нервно-мышечную проводимость. Влияет на увеличение постсинаптической щели ⁵⁷ . |
| | Болезни органов дыхания* | Вызывает катаральные изменения слизистой оболочки дыхательного тракта атрофического характера. Механизм поражения легких включает окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ⁵⁸ |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Нарушает биосинтез и обмен андрогенов и эстрогенов, что выражается в снижении продукции тестостерона на фоне повышенного образования эстрогенов, нарушение эндокринной функции гонад. Снижается тиреотропная функция гипофиза: в крови уменьшается концентрация тиреотропного гормона, повышается концентрация соматотропного гормона. Сначала снижается концентрация Т3, а концентрация Т4 остается без изменений, достоверно повышается концентрация кальцитонина ⁵⁹ |
| | Болезни системы кровообращения | Риск развития артериальной гипертензии, нарушений липидного обмена, при этом повышается содержание холестерина и липопротеидов высокой плотности в сыворотке крови ⁶⁰ |

⁵² Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells //Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

⁵³ Review of fluoride: Benefits and risks, report of the ad hoc subcommittee on fluoride of the committee to coordinate environmental health and related programs. U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Washington, DC. 1991. 233 p; Toxicological profile for aluminum. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services 2008. Atlanta, GA. 357 p.

⁵⁴ Cerklewski F.L. Fluoride bioavailability nutritional and clinical aspects // Nutr. Res. 1997. Vol. 17. № 5. P. 907-929.

⁵⁵ Интоксикация фтором и его соединениями / Журавская Н.С., Рущенко Н. А., Окунь Б. В и др.: Учебное пособие. Владивосток: Медицина ДВ, 2014. 54 с.

⁵⁶ Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы. Экологическая химия. 2012; 21(3):172-86.

⁵⁷ Донских И.В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (Обзор данных литературы). Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2013, 3 (91), Часть 2. С.179-185.

⁵⁸ Урясьев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

⁵⁹ Шалина Т.И., Васильева Л.С. Общие вопросы токсического действия фтора Сибирский медицинский журнал, 2009. № 5 С. 5-9.

⁶⁰ Wang Shouying, Xi Jingzhan, Li Fucheng, Yu Maojuan, Li Xinhua. Relationship between serum chemical element and endemic fluorosis // J. Xinxiang Med. Coll. 2005. № 3. P. 198-199.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|---|---|
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | В основном происходит увеличение производства активных форм кислорода (особенно супероксида), усиление окислительного стресса, повышение перекисного окисления липидов и изменения в активность многих ферментов, что способствует нарушению митохондриального метаболизма и приводит к нарушению митохондриальной ДНК, ее репарации ⁶¹ |
| Марганец | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Воздействует на тканевый гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов. Воздействует на фактор некроза опухоли, интерферона, липополисахариды, интерлейкин 8, 1, которые способны индуцировать экспрессию адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁶² |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Нарушает процессы биосинтеза и минерализации кости вследствие угнетения процессов резорбции в костной ткани. Происходит избыточная оссификация метафизарных отделов, увеличение размеров костных трабекул. Нарушает процессы костного ремоделирования, что характеризуется изменением уровня N-остеокальцина, костного изофермента щелочной фосфатазы. Изменение костной плотности отражает содержание C-концевых телопептидов, тартратрезистентной кислой фосфатазы в сыворотке крови ^{63,64} |
| | Болезни нервной системы* | Вызывает прямое повреждение астроцитов (клеток нейроглии). Развивается глиальная дисфункция, следствием чего является поражение нейронов и нарушение процесса синтеза медиаторов возбуждения и торможения, что способствует эксайтотоксическому эффекту ⁶⁵ |
| | Болезни органов дыхания* | Нарушает функцию органов дыхания, в том числе с развитием сенсбилизации, лимфо-пролиферативных изменений верхних дыхательных путей, астматического бронхита, бронхиальной астмы ⁶⁶ |

⁶¹ Dec, K., Łukomska, A., Baranowska-Bosiacka, I., Pilutin, A., Maciejewska, D., Skonieczna-Żydecka, K., Gutowska, I. Pre- and postnatal exposition to fluorides induce changes in rats liver morphology by impairment of antioxidant defense mechanisms and COX induction. *Chemosphere*, 2018. 211, 112119. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.07.145

⁶² Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

⁶³ Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2 т. / под ред. Л. К. Исаева. Т. 2. М.: ПАИМС, 1997. 496 с; Остеокальцин у практически здоровых детей раннего и дошкольного возраста / Л. А. Щеплягина // *Российский педиатрический журнал*. 2005. № 1. С. 48-52.

⁶⁴ Остеокальцин у практически здоровых детей раннего и дошкольного возраста / Л. А. Щеплягина // *Российский педиатрический журнал*. 2005. № 1. С. 48-52.

⁶⁵ Bagga S., Levy L. Overview of Research into the Health Effects of Manganese (2002-2007) Report, Institute of Environment and Health for the Manganese Health Research Program (MHRP), Institute of Environment and Health, Cranfield University [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.manganese_health.org/data/assets/pdf_file/0017/53171/Effects_of_Manganese.pdf (дата обращения 12.01.2020).

⁶⁶ Toxicological Profile for manganese: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Environmental Medicine. Atlanta, 2012. 556 p.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | Болезни системы кровообращения | Нарушает энергообеспечение миокарда. При инфаркте миокарда селективно активируется именно марганецзависимая супероксиддисмутаза ⁶⁷ . В тестах <i>in vitro</i> установлено уменьшение силы сокращения мышечных клеток миокарда, вплоть до полной возможности сокращения кардиомиоцитов. Обладает высокой конкурентоспособностью к ионам кальция, что приводит к сужению кровеносных сосудов и уменьшению кровотока в них (вазоконстрикторный эффект) ⁶⁸ |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Подавляет дофаминергическую ингибирующую функцию на оси гипоталамус-гипофиз-гипофиз, что может приводить к увеличению пролактина. При этом, увеличение пролактина ингибирует половые гормоны, снижение которых формирует обратную связь с гормонами, стимулирующими половые гормоны, такими как лютеинизирующий гормон и фолликулостимулирующий гормон ⁶⁹ |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Обладает высокой комплексообразующей способностью и связывает сульфгидрильные группы глутатиона и белков плазмы крови и тканей и тем самым запускает процесс активации перекисного окисления липидов клеточных мембран. Усиливает процессы перекисного окисления липидов, инициированных образованием активных свободнорадикальных форм (гидроксильный радикал, супероксидный анион, пероксид водорода и др.) и, как результат, нарушается антиоксидантная защита организма, что может привести к развитию состояния оксидативного стресса, являющегося одним из пусковых механизмов в нарушении функционального состояния органов и систем мишеней ⁷⁰ . Концентрируется в митохондриях, что индуцирует окислительное повреждение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) клеток, в том числе в базальных ядрах головного мозга ⁷¹ |
| Свинец | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Образует микрочастицы в результате агрегирования, которые вступают в реакции с другими химическими соединениями, вызывая дерматозы. Десквамированный эпителий способен длительное время кумулировать на себе микрочастицы свинца, защищая тем самым нижние слои эпителия от контаминации их свинцом ⁷² . Воздействует на тканевый гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов; на фактор некроза опухоли, |

⁶⁷ Pattern of superoxide dismutase enzymatic and RNA changes in rat heart ventricles after myocardial infarction /M. Assem, J. R. Teyssier, M. Benderitter et al. // Am. J. Pathol. 1997. Vol. 151, № 2. P. 549-555.

⁶⁸ Zawadzki M., Gać P., Poreba R., Andrzejak R. Modification of cardiovascular system in animals subjected to intoxication with manganese compounds *Medycyna Pracy*, 2008; Vol. 59 (5), pp. 387-93. PMID:19227884

⁶⁹ Kim, E. A., Cheong, H.-K., Joo, K.-D., Shin, J.-H., Lee, J. S., Choi, S.-B., Kang, D. M. (2007). Effect of manganese exposure on the neuroendocrine system in welders. *Neuro Toxicology*, 28(2), 263-269. doi:10.1016/j.neuro.2006.07.013

⁷⁰ Ракитский В. Н., Юдина Т. В. Антиоксидантный и микроэлементный статус организма: современные проблемы диагностики // Вестник РАМН. 2005. № 3. С. 333-336.

⁷¹ Zheng W. Manganese inhibits mitochondrial aconitase: a mechanism of manganese neurotoxicity / W. Zheng, Ren S., J.H. Graziano // *Brain Res.* 1998. 799. P. 334-342.

⁷² Кашуба Н.А. Особенности взаимодействия свинца с кожей человека. *Laboratory diagnostics .Eastern Europe*, 2015. № 34 (1516): С.194-201.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | | интерферон, липополисахариды, интерлейкины 8, 1, которые способны индуцировать экспрессию адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁷³ . |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Способствует деминерализации и склерозированию костной ткани ^{74, 75} |
| | Болезни органов дыхания | Маленькие частицы свинца распределяются по большой поверхности альвеол легких и практически полностью абсорбируются. Частицы большего размера удаляются реснитчатым эпителием дыхательной системы и частично поглощаются макрофагами ⁷⁶ . |
| | Болезни нервной системы* | Обладает конкурентным ингибированием, что связано со способностью замещать бивалентные (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}) и моновалентные (Na^{+}) катионы, оказывая влияние на различные биологические процессы в организме ⁷⁷ . Оказывает негативное влияние на процессы внеклеточной и внутриклеточной сигнализации, адгезии клеток, фолдинга и процессинга белка, апоптоз, транспорт ионов, активацию ферментов, высвобождение нейротрансмиттеров и др. ⁷⁸ . Вызывает нарушения функций периферической нервной системы, что проявляется синдромом начальной полинейропатии вследствие дегенерации аксонов, демиелинизации, сосудистых расстройств. Разрушает незрелые клетки астроглии и препятствует формированию миелиновой оболочки ⁷⁹ . |
| | Болезни системы кровообращения | Обладает гипертензивным действием, основным из множества механизмов которого является: прямое воздействие на возбудимость и сократимость сердечной мышцы; снижение образования оксида азота; повышенный тонус центров симпатической нервной системы; активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы; усиление синтеза эндотелина; формирование атеросклеротических повреждений стенок сосудов. Активирует деятельность |

⁷³ Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells //Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

⁷⁴ Youness E.R. Cadmium impact and osteoporosis: mechanism of action / E.R. Youness, N.A. Mohammed, F.A. Morsy // Toxicology Mechanisms and Methods. 2012. Vol. 22. № 7. P. 560-567.

⁷⁵ Салангина Л.И., Дубейковская Л.С., Сладкова Ю.Н., Маркова О.Л. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья женщин, занятых процессами пайки // Медицина труда и промышленная экология 2000, №10: 8-13.

⁷⁶ Корбакова А.И., Соркина Н.С., Молодкина Н.Н., Ермоленко А.Е., Веселовская К.А. Свинец и его действия на организм (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология 2001, № 5: 29-34.

⁷⁷ Lidsky T.I., Schneider J.S. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates // Brain. 2003. Vol. 126. P. 5-19.

⁷⁸ Shinkai Y., Kaji T. Cellular defense mechanisms against lead toxicity in the vascular system // Biol Pharm Bull. 2012. Vol. 35. N. 11. P. 1885-91.

⁷⁹ Новикова М.А., Пушкарев Б.Г., Судаков Н.П., Никифоров С.Б., Гольдберг О.А., Явербаум П.М. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека. Сибирский медицинский журнал, 2013, № 2. С. 13-16.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|--|--|---|
| | | эозинофилы выделяют медиаторы, которые вызывают дальнейшее окислительное повреждение. В случаях тяжелого отравления наблюдают очаговые участки отека слизистой оболочки бронхов с насыщенным накоплением белкового экссудата в полостях альвеол, формирование гиалиновых мембран и десквамацию альвеолоцитов II типа. Регенерация эпителия происходит за счет пролиферации альвеолоцитов II типа и плоскоклеточной метаплазии (бронхиолизация эпителия альвеол). Другие механизмы поражения легких - окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ⁸⁸ . |
| | Болезни системы кровообращения | Вызывает кардиовазотоксические эффекты, которые могут возникать в результате нейротоксических экстракардиальных воздействий и вследствие непосредственного влияния на сердце и стенку сосуда. Вызывает значительные изменения состояния окислительных процессов миокарда при хромовой интоксикации, которые проявляются снижением активности тканевого дыхания и одновременным усилением анаэробного гликолиза. В энергетическом состоянии миокарда наблюдаются однонаправленные изменения – снижение энергетического потенциала сердечной мышцы, уменьшение уровня аденозинтрифосфата (АТФ), суммы адениннуклеотидов, отношение АТФ/ аденозиндифосфат (АДФ) и энергетического заряда. Нарушения окислительных и энергетических процессов существенным образом отражаются на проницаемости мембран кардиомиоцитов, что, в свою очередь, сопряжено с выходом в кровь некоторых сердечных ферментов ⁵² . |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Струмогенный эффект с увеличением массы щитовидной железы и продукции тиреоидных гормонов и, одновременно, связанное с блокированием ряда ферментов нарушение йодного обмена ⁸⁹ . |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Угнетает клеточную репарацию, повышает число апоптирующих клеток, индуцирующих формирование свободных радикалов. В этих условиях возникают многочисленные одиночные разрывы ДНК, перекрестные связи, что запускает программированную смерть клетки ⁹⁰ . |
| Оксид азота (IV) или двуокись азота (NO ₂) | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Воздействует на тканевый гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов. Воздействует на фактор некроза опухоли, интерферона, липополисахариды, интерлейкины 8, 1, которые способны индуцировать экспрессию адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁹¹ . |

⁸⁸ Уряшев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

⁸⁹ Krishna murthy, R.B. Effect of chromium (VI) exposure on serum amylase activity in chromium plating workers / R.B. Krishna murthy, [et al.] // Environ Sci Indian J. 2007. Vol. 2, № 1. P.16.

⁹⁰ Михайлова И.В., Смолягин А.И., Красиков С.И., Караулов А.В. Комплексная оценка воздействия хрома на организм крыс: иммунология, биохимия, микроэлементы // Иммунология. 2015; 36 (5): 300305.

⁹¹ Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells //Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|---|---|
| | | симпатической нервной системы ⁸⁰ . Оказывает прямое действие на эндотелий сосудистого русла, стимулирующее влияние на образование эндотелина, являющегося одним из самых мощных сосудосуживающих веществ ⁸¹ . |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ* | Воздействует на тиреоидный обмен через гипофизарные структуры, с нарушением продукции гормонов щитовидной железы (Т4) ⁸² . Описана высокая чувствительность нервной ткани к свинцу, в частности, подкорковых образований. Именно изменения, происходящие в гипоталамусе, служат пусковым механизмом реакции: кортикотропин – релизинг-гормон – кортикотропин – кортизол ⁸³ . |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Вызывает развитие зубочелюстных аномалий и деформаций ⁸⁴ |
| | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Воздействует на тканевый гомеостаз в эпидермисе в виде митотической активности кератиноцитов, их дифференцировки и миграции в вертикальном направлении, апоптоза кератиноцитов и эксфолиации корнеоцитов. Воздействует на фактор некроза опухоли, интерферона, липополисахариды, интерлейкин 8, 1, которые способны индуцировать экспрессию адгезивных молекул межклеточного взаимодействия на кератиноцитах и эндотелиальных клетках сосудов кожи ⁸⁵ . Дерматиты и экземы ⁸⁶ |
| Хром (VI) | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Воздействует на эпифизарно-хрящевую пластинку, замедление процесса энхондрального костеобразования ⁵² . |
| | Болезни нервной системы | Центральное (периферическое) холинолитическое действие (подавление ацетилхолина), подавление окислительных процессов в нервных клетках и нарушение энергообеспечения основных нервных процессов, изменение церебральной гемодинамики ⁸⁷ . |
| | Болезни органов дыхания* | Сначала вызывает выраженное повреждение (альтерация) клеток реснитчатого эпителия дыхательных путей и альвеолоцитов I типа с последующим нарушением поверхностной связи клеток, что ведет к субэпителиальному повреждению слизистой оболочки дыхательных путей с активацией гладких мышц и парасимпатических нервных окончаний, что приводит к бронхоспазму. Происходит запуск механизма воспалительной реакции: нейтрофилы и |

⁸⁰ Корбакова А.И., Соркина Н.С., Молодкина Н.Н., Ермоленко А.Е., Веселовская К.А. Свинец и его действия на организм (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология 2001, №5: 29-34

⁸¹ Жестяников, А. Л. Дисбаланс некоторых макро- и микроэлементов как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы на севере / А. Л. Жестяников // Экология человека. 2005. № 9. С. 19-25.

⁸² Gustafson A. Occupational lead exposure and pituitary function / A. Gustafson, P. Hedner, A. Schutz, [et al.] // Int Arch Occup Environ Health. 1989. Vol. 61.P. 277-281.

⁸³ Макотченко В.М. Эндокринная система при профессиональных заболеваниях / В.М. Макотченко, И.С. Сонкин, З.И. Цюхно. Киев, 1985. 160 с.

⁸⁴ Шешунов И.В. Влияние антропогенных факторов на биохимическую систему адаптации беременных // Гигиена и санитария 2002, № 4: 20-23.

⁸⁵ Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells // Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 3156-3161.

⁸⁶ Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V-VIII групп: Справ. Изд.; под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.

⁸⁷ Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединения: монография / А.А. Мамырбаев Актобе: Кокжикек, 2012. 284 с.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезней (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Формирует вторичное иммунодефицитное состояние, что ведет к угнетению обмена веществ в костной ткани, росту и дифференцировки остеобластов ⁹² . |
| | Болезни нервной системы | Участвует в повреждении ненасыщенных жирных кислот, как высокорреакционное свободно-радикальное соединение, входящих в состав мембран нервных и эндотелиальных клеток ⁹³ . |
| | Болезни органов дыхания* | При контакте с влагой образует азотистую и азотную кислоты, которые разъедают стенки альвеол легких. При этом стенки альвеол и кровеносных капилляров становятся настолько проницаемыми, что пропускают сыворотку крови в полость легких. В этой жидкости растворяется вдыхаемый воздух, образуя пену, препятствующую дальнейшему газообмену. Длительное воздействие оксидов азота вызывает расширение клеток в корешках бронхов (тонких разветвлениях воздушных путей альвеол), ухудшение сопротивляемости легких к бактериям, а также расширение альвеол. Усиливает иммунный ответ посредством активации воспалительной реакции, приводящей в дальнейшем к аллергическим реакциям ⁹⁴ . |
| | Болезни системы кровообращения | Участвует в повреждении ненасыщенных жирных кислот, как высокорреакционное свободно-радикальное соединение, входящих в состав мембран эндотелиальных клеток, а также приводит к нарушению целостности мембран эритроцитов, кровеносных сосудов ⁵⁸ . |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Нарушает регуляцию синтеза и секреции гормонов надпочечников и репродуктивного цикла, тиреоидного и паратиреоидного гормонов, инсулина, пролактина ⁹⁵ |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Вызывает возникновение хромосомных aberrаций одиночных и парных фрагментов ⁹⁶ . |

⁹² Желнин Е.В., Звягинцева Т.В., Кривошапка А.В. Посттравматическая регенерация альвеолярной кости и ее связь с метаболитами оксида азота при глюкокортикоидном остеопорозе у крыс // *Advances in current natural sciences*, 2014. №5. С. 34-38.

⁹³ Гусакова С. В., Смаглий Л.В., Бирулина Ю.Г., Ковалев И.В., Носарев А. В., Петрова И.В., Реутов В.П. Молекулярные механизмы действия газотрансмиттеров NO, CO и H₂S в гладкомышечных клетках и влияние NO-генерирующих соединений (нитратов и нитритов) на среднюю продолжительность жизни // *Успехи физиологических наук*, 2017, Т. 48, № 1 С. 24-52.

⁹⁴ Демьянцева Е. А., Шваб Е. А., Реховская Е. О. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота // *Молодой ученый*. 2017. № 2. С. 231-234. URL <https://moluch.ru/archive/136/38002/> (дата обращения: 18.02.2020).

⁹⁵ Соловьева А.Г., Кузнецова В.Л., Перетягин С.П., Диденко Н.В., Дударь А.И. Роль оксида азота в процессах свободнорадикального окисления // *Вестник российской военно-медицинской академии*, 2016. 1(53). С.228-233.

⁹⁶ Цитогенетические маркеры и гигиенические критерии оценки хромосомных нарушений у населения и работников в условиях воздействия химических факторов с мутагенной активностью (на примере металлов, ароматических углеводородов, формальдегида) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Б. Алексеев, С.Г. Щербина. Пермь: Книжный формат, 2013 222 с.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| Взвешенные вещества | Болезни органов дыхания* | Вызывают окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ^{97, 98} |
| | Болезни кожи и подкожной клетчатки | На коже захватывается специализированными отростчатыми клетками эпидермиса – клетками Лангерганса, в которых он частично расщепляется и связывается с молекулами HLA класса II. Клетки Лангерганса мигрируют из эпидермиса в регионарные лимфоузлы, где происходит презентация антигена Т-лимфоцитам. Т-лимфоциты сенсibiliзируются, пролиферируют и из лимфоузлов перемещаются в кровь. Кожа становится сенсibiliзированной к данному антигену. Т-лимфоциты сами высвобождают цитокины и действуют на другие клетки, которые тоже вырабатывают цитокины при встрече с тем же антигеном ⁹⁹ |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Способствуют деминерализации и склерозированию костной ткани ¹⁰⁰ . |
| | Болезни нервной системы | Воздействуют на альвеолярные макрофаги вырабатывают активные формы кислорода, нарушение окислительно-восстановительного баланса может приводить к развитию окислительного стресса ¹⁰¹ . В свою очередь перекисное окисление липидов вызывает повреждение мембраны нейронов и клеточных органелл, вплоть до запуска клеточной гибели нейронов ¹⁰² . |
| | Болезни системы кровообращения* | Воздействуют через различные механизмы: повреждение митохондрий, окислительный стресс, системное воспаление, эндотелиальную дисфункцию сосудов, повышение активности симпатической нервной системы, сопровождающееся вазоконстрикцией, повышение уровня провоспалительных медиаторов ^{103, 104} . |

⁹⁷ Урясьев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

⁹⁸ Xing Y.F., Xu Y.H., Shi M.H., Lian Y.X. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. J. Thorac. Dis. 2016; 8 (1): e6974.DOI:10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19.

⁹⁹ Pellegrini G., Dellambra E., Golisano O., et al. p63 identifies keratinocyte stem cells //Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98.P. 3156-3161.

¹⁰⁰ Салангина Л.И., Дубейковская Л.С., Сладкова Ю.Н., Маркова О.Л. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья женщин, занятых процессами пайки // Медицина труда и промышленная экология 2000, №10: 8-13.

¹⁰¹ Golokhvast K.S. et al. Impact of atmospheric microparticles on the development of oxidative stress in healthy city/industrial seaport residents // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2015. Article ID 412173, 10 p. DOI:10.1155/2015/412173.

¹⁰² Васенина Е.Е., Левин О.С. Окислительный стресс в патогенезе нейродегенеративных заболеваний: возможности терапии // Современная терапия в психиатрии и неврологии, 2013. № 3-4. С.39-46.

¹⁰³ Scheers H, Jacobs L, Casas L, et al. Long-term exposure to particulate matter air pollution is a risk factor for stroke: meta-analytical evidence. Stroke 2015;46(11): 3058-66.

¹⁰⁴ Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Колпаков Ф.А. Загрязнения воздуха взвешенными частицами как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. Гигиена и санитария. 2017; 96(2): 133-137. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-2-133-137>

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Вызывают образование свободных радикалов, при действии которых происходит изменение конформации молекул гормонов, что приводит к различным метаболическим нарушениям ¹⁰⁵ |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения* | Вызывают экспрессию кандидатных рибонуклеиновых кислот в лейкоцитах ¹⁰⁶ |
| Бензол | Болезни органов дыхания | Вызывает окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ¹⁰⁷ . Метаболиты бензола, могут стимулировать производство хемокинов, провоспалительных цитокинов TNF- α и IL-6, Th-2 цитокинов IL-4 и IL-5, эотаксина, MIP-1 α , белка RANTES ¹⁰⁸ |
| | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Вызывает воспалительную реакцию - химический дерматит. Цитотоксический эффект возможен при взаимодействии с биологическими системами (клетками эпителия, капиллярами, нервными окончаниями). Атакуют и разрушают белки и липопротеиды эпидермального и дермального слоев, нарушая процессы деления клеток базального слоя, созревания клеток эпидермиса, изменяя кровоснабжение кожи, вызывает местные эффекты, проявляющиеся различной клинической картиной ¹⁰⁹ |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Обладает высокой реакционной способностью, активирует свободно-радикальное окисление, что приводит к изменению конформации молекул гормонов, участвующих в синтезе костной ткани, что приводит к снижению образования кости ¹¹⁰ |
| | Болезни нервной системы* | Нарушает генерацию, проведение и передачу нервного импульса, что связано с усилением окислительного стресса в нервной ткани ¹¹¹ . Образуются агрессивные метаболиты (ареноксиды), формирующие ковалентные связи с нуклеофильными структурами клеток (белками, сульфгидрильными группами, нуклеиновыми кислотами), активирующие перекисное окисление липидов биологических мембран нейронов, что вызывает вторичные |

¹⁰⁵ Литвицкий П.Ф. Патология эндокринной системы: этиология и патогенез эндокринопатий. Расстройства гипоталамо-гипофизарной системы // Вопросы современной педиатрии, 2011. Т. 10. № 4. С. 47-55.

¹⁰⁶ Fossati S., Vaccarelli A., Zanobetti A. et al. Ambient particulate air pollution and microRNAs in elderly men // Epidemiology. 2014. Vol. 25, № 1. P. 68-78.

¹⁰⁷ Урясьев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

¹⁰⁸ Зайцева Н.В., Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушение белкового состава крови человека в условиях воздействия ароматических углеводородов. Экология человека 2013.07. С. 15-26.

¹⁰⁹ Куценко С.А. Основы токсикологии. Издательство: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, С-Пб., 2002. 395 с.

¹¹⁰ Камилев Ф.Х. Остеопороз: влияние хлорорганических производных алифатических углеводородов на метаболизм костной ткани. Вестник Академии наук РБ, 2011. Т. 16(2). С. 50-56.

¹¹¹ Taranushenko T. E., Prokopenko S. V., Malinovskaya N. A., Okuneva O. S., Inzhutova A. I., Morgun A. V., Fursov A. A. Alteration of neuron-glia interactions in neurodegeneration: molecular biomarkers and therapeutic strategy // Neurodegenerative diseases: processes, prevention, protection and monitoring / ed. R. C.-C. Chang. Rijeka: InTech, 2011. P. 273-300

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | | необратимые повреждения белков и нуклеотидов, что приводит к нарушению целостности клеточной мембраны нейронов и индуцирует гибель клеток путем апоптоза и некроза ¹¹² |
| | Болезни системы кровообращения* | Усиливает проницаемость кровеносных сосудов, что приводит к нарушению барьерной функции эндотелия. Образует свободные радикалы, действие которых на эндотелиальные клетки происходит путем прямой модификации мембранных липидов, мембранных и внутриклеточных белков. При их действии клетка испытывает нарушение гомеостаза и отвечает на это активацией стресс-зависимых белков, например, р38 MAP киназы, ряда тирозиновых протеинкиназ, белков теплового шока и др. ¹¹³ |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Образует свободные радикалы, действие которых вызывает изменение конформации молекул гормонов, что приводит к различным метаболическим нарушениям ¹¹⁴ |
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения* | Вызывает ковалентное связывание с ДНК. При действии свободных радикалов происходит фрагментация ДНК и ее разрушение. Активный мутаген, индуцирующий хромосомные aberrации, транслокации, анеуплоидии и делеции длинного плеча, изменения в дифференциации клеток ¹¹⁵ |
| Фенол | Болезни органов дыхания* | Вызывает окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ¹¹⁶ . Метаболиты бензола, могут стимулировать производство хемокинов, провоспалительных цитокинов TNF- α и IL-6, Th-2 цитокинов IL-4 и IL-5, эотаксина, MIP-1 α , белка RANTES ¹¹⁷ |
| | Болезни кожи и подкожной клетчатки | Вызывает воспалительную реакцию – химический дерматит. Цитотоксический эффект возможен при взаимодействии с биологическими системами (клетками эпителия, капиллярами, нервными окончаниями). Атакуют и разрушают белки и липопротеиды эпидермального и дермального слоев, нарушая процессы деления клеток базального слоя, |

¹¹²Ricci G., Volpi L., Pasquali L., Petrozzi L., Siciliano G. Astrocyte-neuron interactions in neurological disorders. J. Biol. Phys. 2009. Vol. 35, № 4. P. 317-336.

¹¹³Ширинский В.П. Молекулярная физиология эндотелия и механизмы проницаемости сосудов. Успехи физиологических наук, 2011. Т. 42, № 1, С. 1832.

¹¹⁴Литвицкий П.Ф. Патология эндокринной системы: этиология и патогенез эндокринопатий. Расстройства гипоталамо-гипофизарной системы // Вопросы современной педиатрии, 2011. Т.10. № 4. С. 47-55.

¹¹⁵Зайцева Н.В., Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушение белкового состава крови человека в условиях воздействия ароматических углеводов. Экология человека 2013.07. С. 15-26.

¹¹⁶Урясьев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

¹¹⁷Зайцева Н.В., Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушение белкового состава крови человека в условиях воздействия ароматических углеводов. Экология человека 2013. № 7. С. 15-26.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | | созревания клеток эпидермиса, изменяя кровоснабжение кожи, вызывает местные эффекты, проявляющиеся различной клинической картиной ¹¹⁸ |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Обладает высокой реакционной способностью. Активация свободно-радикального окисления приводит к изменению конформации молекул гормонов, участвующих в синтезе костной ткани, что приводит к снижению образования кости ¹¹⁹ |
| | Болезни нервной системы* | Вызывает нарушение генерации, проведения и передачи нервного импульса, что связано с усилением окислительного стресса в нервной ткани. Образуются агрессивные метаболиты (ареноксиды), формирующие ковалентные связи с нуклеофильными структурами клеток (белками, сульфгидрильными группами, нуклеиновыми кислотами), активирующие перекисное окисление липидов биологических мембран нейронов, что вызывает вторичные необратимые повреждения белков и нуклеотидов, что приводит к нарушению целостности клеточной мембраны нейронов и индуцирует гибель клеток путем апоптоза и некроза ¹²⁰ |
| | Болезни системы кровообращения* | Усиливает проницаемость кровеносных сосудов ¹²¹ , что приводит к нарушению барьерной функции эндотелия. Действие свободных радикалов на эндотелиальные клетки путем прямой модификации мембранных липидов, мембранных и внутриклеточных белков. При их действии клетка испытывает нарушение гомеостаза и отвечает на это активацией стресс-зависимых белков, например, р38 МАП киназы, ряда тирозиновых протеинкиназ, белков теплового шока и др. ¹²² |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Образует свободные радикалы, действие которых вызывает изменение конформации молекул гормонов, что приводит к различным метаболическим нарушениям ¹²³ |
| | Врожденные аномалии деформации и хромосомные нарушения | Воздействует на ДНК, вызывает индукцию хромосомные aberrации ¹²⁴ |
| Диоксид серы | Болезни нервной системы | Раздражает холинергические рецепторы ¹²⁵ |

¹¹⁸ Куценко С.А. Основы токсикологии. Издательство: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, С-Пб., 2002. 395 с.

¹¹⁹ Камиллов Ф.Х. Остеопороз: влияние хлорорганических производных алифатических углеводов на метаболизм костной ткани. Вестник Академии наук РБ, 2011. Т. 16(2). С. 50-56.

¹²⁰ Ricci G., Volpi L., Pasquali L., Petrozzi L., Siciliano G. Astrocyte-neuron interactions in neurological disorders. J. Biol. Phys. 2009. Vol. 35, N 4. P. 317-336.

¹²¹ Куценко С.А. Основы токсикологии. Издательство: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, 2002. 395 с.

¹²² Ширинский В.П. Молекулярная физиология эндотелия и механизмы проницаемости сосудов. Успехи физиологических наук, 2011. Т. 42, № 1, С. 1832

¹²³ Литвицкий П.Ф. Патология эндокринной системы: этиология и патогенез эндокринопатий. Расстройства гипоталамо-гипофизарной системы // Вопросы современной педиатрии, 2011. Т.10. № 4. С. 47-55.

¹²⁴ Зайцева Н.В., Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушение белкового состава крови человека в условиях воздействия ароматических углеводов. Экология человека 2013.07. С. 15-26.

¹²⁵ Чайковская, М.А. Экспериментальная оценка влияния диоксида серы на гемопозитическую систему/ М.А. Чайковская, С.В. Гончаров// Проблемы здоровья и экологии. 2012. № 2(32). С. 145-149.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|--|---|
| | Болезни кожи и подкожной клетчатки | При контакте с влагой образует сернистую кислоту. Вызывает воспалительную реакцию – химический дерматит. Цитотоксический эффект возможен при взаимодействии с биологическими системами (клетками эпителия, капиллярами, нервными окончаниями). Атакуют и разрушают белки и липопротеиды эпидермального и дермального слоев, нарушая процессы деления клеток базального слоя, созревания клеток эпидермиса, изменяя кровоснабжение кожи, вызывает местные эффекты, проявляющиеся различной клинической картиной ¹²⁶ |
| | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | Воздействует на процесс оссификации костной ткани ¹²⁷ |
| | Болезни органов дыхания* | Первоначально вызывает выраженное повреждение (альтерация) клеток реснитчатого эпителия дыхательных путей и альвеолоцитов I типа с последующим нарушением поверхностной связи клеток, что ведет к субэпителиальному повреждению слизистой оболочки дыхательных путей с активацией гладких мышц и парасимпатических нервных окончаний, что приводит к бронхоспазму. Запускается механизм воспалительной реакции: нейтрофилы и эозинофилы выделяют медиаторы, которые вызывают дальнейшее окислительное повреждение. При значительном воздействии вызывает очаговые участки отека слизистой оболочки бронхов с насыщенным накоплением белкового экссудата в полостях альвеол, формирование гиалиновых мембран и десквамацию альвеолоцитов II типа. Регенерация эпителия происходит за счет пролиферации альвеолоцитов II типа и плоскоклеточной метаплазии (бронхиолизация эпителия альвеол). Другие механизмы поражения легких включают окислительный процесс повреждения эпителиальных клеток и альвеолоцитов, особенно после разрушения их защитного слоя и развития воспалительной реакции ¹²⁸ |
| | Болезни системы кровообращения | Вызывает вазоконстрикцию, что может быть связано с инициацией возбуждения мембран миокарда, кальциевых и натриевых каналов, приводящая к их деполяризации. В результате возникает внеклеточный приток кальция и увеличение его цитозольной концентрации, что приводит к сокращению миокарда ¹²⁹ . |
| | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | Вызывает образование свободных радикалов, при действии которых происходит изменение конформации молекул гормонов, что приводит к различным метаболическим нарушениям ¹³⁰ |

¹²⁶ Куценко С.А. Основы токсикологии. Издательство: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, 2002. 395 с.

¹²⁷ Toxicological Profile for sulfur dioxide: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Environmental Medicine. Atlanta, 1998. 223 p.

¹²⁸ Урясьев О.М., Чунтыжева Е.Г., Панфилов Ю.А. Токсические поражения органов дыхания. М., 2015. 97 с.

¹²⁹ Wang, X.-B., Du, J.-B., Cui, H. Sulfur dioxide, a double-faced molecule in mammals. Life Sciences, 2014. 98(2), 6367. doi:10.1016/j.lfs.2013.12.027

¹³⁰ Литвицкий П.Ф. Патология эндокринной системы: этиология и патогенез эндокринопатий. Расстройства гипоталамо-гипофизарной системы // Вопросы современной педиатрии, 2011. Т.10. № 4. С. 47-55.

| Наименование химического вещества | Наименование класса болезни (по МКБ-10) | Механизм воздействия |
|-----------------------------------|---|---|
| | Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения | Вызывает окислительное повреждение ДНК ¹³¹ |

Примечание:

* – критические органы и системы, поражаемые в первую очередь при экзогенном воздействии указанного токсиканта.

¹³¹ Toxicological Profile for sulfur dioxide: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Environmental Medicine. Atlanta, 1998. 223 p.

Средневзвешенная тяжесть по классам заболеваний¹³²

| Код МКБ-10 | Класс болезни | Дети | Взрослые | Все население |
|------------|--|-------|----------|---------------|
| A00-B99 | Некоторые инфекционные и паразитарные болезни | 0,257 | 0,288 | 0,275 |
| C00-D48 | Новообразования | 0,375 | 0,554 | 0,547 |
| D50-D89 | Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм | 0,282 | 0,273 | 0,277 |
| E00-E90 | Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ | 0,293 | 0,270 | 0,274 |
| F00-F99 | Психические расстройства и расстройства поведения | 0,325 | 0,388 | 0,357 |
| G00-G99 | Болезни нервной системы | 0,372 | 0,419 | 0,402 |
| H00-H59 | Болезни глаза и его придаточного аппарата | 0,2-2 | 0,393 | 0,353 |
| H60-H95 | Болезни уха и сосцевидного отростка | 0,241 | 0,336 | 0,308 |
| I00-I99 | Болезни системы кровообращения | 0,515 | 0,578 | 0,576 |
| J00-J99 | Болезни органов дыхания | 0,120 | 0,214 | 0,163 |
| K00-K93 | Болезни органов пищеварения | 0,138 | 0,162 | 0,156 |
| L00-L99 | Болезни кожи и подкожной клетчатки | 0,324 | 0,309 | 0,314 |
| M00-M99 | Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани | 0,254 | 0,414 | 0,397 |
| N00-N99 | Болезни мочеполовой системы | 0,375 | 0,294 | 0,302 |
| O00-099 | Беременность, роды и послеродовой период | 0,435 | 0,430 | 0,430 |
| P00-P96 | Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде | 0,540 | - | 0,540 |
| Q00-Q99 | Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения | 0,563 | 0,615 | 0,569 |
| R00-R99 | Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках | 0,304 | 0,274 | 0,290 |
| S00-T98 | Травмы и отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин | 0,372 | 0,442 | 0,427 |
| A00-T98 | Всего | 0,223 | 0,363 | 0,327 |

¹³² Анализ риска здоровью стратегии государственного социально-экономического развития: монография / под общей ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко, акад. РАН Н.В. Зайцевой. - М.-Пермь, 2014, - С. 123.

Библиографические ссылки

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 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
4. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».
5. Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха».
6. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2006 № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга».
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.06.2016 № 572 «Правила создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду».
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 № 143 «О порядке выдачи комплексных экологических разрешений, их переоформления, пересмотра, внесения в них изменений, а также отзыва».
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2019 № 1792 «Об утверждении требований к перечню компенсационных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха на каждой территории эксперимента по квотированию выбросов на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха».
12. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2004 № 322 «Об утверждении Положения о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека».
13. Паспорт Национального проекта «Экология», утвержденный Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24.12.2018 № 16).
14. Паспорт Федерального проекта «Чистый воздух», утвержденный протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «Экология» от 21.12.2018 № 3.
15. Приказ Минздрава России от 24.04.2008 № 194н «Об утверждении Медицинских критериев определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека».

16. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».
17. Приказ Минприроды России от 17.12.2018 № 666 «Об утверждении правил разработки программы повышения экологической эффективности».
18. Приказ Минприроды России от 17.12.2018 № 667 «Об утверждении правил разработки плана мероприятий по охране окружающей среды».
19. Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813 «Правила проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию».
20. Приказ Роспотребнадзора от 17.11.2006 № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими».
21. ГН 2.1.6.2309-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».
22. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».
23. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности утвержденные Заместителем Председателя Правительства Российской Федерации 10.08.2013 № 4760п-П10.
24. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».
25. МУ 2.1.10.3165-14 «Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания».
26. МР 5.1.0116-17 «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий».
27. МР 2.1.10.0156-19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения».
28. МР 2.1.6.0157-19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции для задач социально-гигиенического мониторинга».
29. МР 5.1.0158-19 «Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения».
30. Zadeh L. A. Fuzzy sets // *Information and Control*. – 1965. – Т. 8, № 3. – P. 338. – 353.
31. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166 с.
32. Fishburn P. C. Review of 'Utility Theory for Decision Making' // *IEEE Transactions on Information Theory*. – 1972. – V. 18, № 5. – P. 696-697.
33. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978 – 352 с.

Термины и определения

Адекватность воздухоохраных мероприятий – соответствие воздухоохраных мероприятий целям обеспечения отсутствия недопустимого уровня потенциальной опасности риска и фактически причиненного вреда здоровью.

Биологический мониторинг человека – измерение и оценка содержания химических агентов или их метаболитов в тканях, секрете, выделениях, а также в альвеолярном воздухе с целью определения величины воздействия и риска для здоровья посредством сравнения с соответствующими стандартами.

Верификация – (от лат. *verum* «истинный» + *facere* «делать») в различных сферах деятельности человека может подразумевать: проверка, подтверждение, метод доказательств каких-либо теоретических положений, алгоритмов.

Возрастные группы населения – дети в возрасте от 0 до 17 лет и взрослые от 18 лет и старше.

Вред здоровью – нарушение анатомической целостности или физиологической функции органов и тканей человека в результате воздействия физических, химических, биологических и психических факторов внешней среды (заболевание, патологическое состояние) по сравнению с периодом до его возникновения.

Детерминированность (от лат. *determinans* – *определяющий*) – определяемость. Под детерминированностью процессов понимается однозначная предопределённость, то есть у каждого следствия есть строго определённая причина.

Доза – основная мера экспозиции, характеризующая количество химического вещества, воздействующее на организм.

Достаточность воздухоохраных мероприятий – объем и содержание воздухоохраных мероприятий, комплекс которых обеспечивает достижение целевых показателей безопасности для здоровья аэрогенных воздействий от источников их образования.

Заболевание – это нарушение нормальной жизнедеятельности организма, обусловленное функциональными и (или) морфологическими (структурными) изменениями, наступающими в результате воздействия эндогенных и (или) экзогенных факторов.

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Загрязняющее атмосферный воздух вещество – химическое вещество или смесь веществ, в том числе радиоактивных, и микроорганизмов, которые поступают в атмосферный воздух, содержатся и (или) образуются в нем и которые в количестве и (или) концентрациях, превышающих установленные нормативы, оказывают негативное воздействие на окружающую среду, жизнь, здоровье человека.

Здоровье населения – состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов.

Зоны с особыми условиями использования территорий – охранные, санитарно-защитные зоны, зоны охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации (далее - объекты культурного наследия), защитные зоны объектов культурного наследия, водоохранные зоны, зоны затопления, подтопления, зоны санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, зоны охраняемых объектов, приаэродромная территория, иные зоны, устанавливаемые в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Зона экспозиции – часть или полностью селитебная территория, население которой подвержено воздействию неблагоприятных факторов.

Источники загрязнения (выброса) – сооружение, техническое устройство, оборудование, которые выделяют в атмосферный воздух загрязняющие вещества.

Контрольные точки – точки, расположенные в местах размещения постов наблюдений Росгидромета или точек контроля качества атмосферного воздуха в рамках СГМ. При отсутствии постов наблюдений или точек контроля в рамках СГМ контрольные точки выбираются в центральной части населенного пункта, в жилых районах, где уровни расчетных концентраций загрязняющих веществ превышают 0,5ПДК, на территориях размещения детских учреждений, в зонах с особыми условиями.

Митигация – (от англ. *mitigation*) – смягчение, ослабление, облегчение, уменьшение, снижение (например, рисков).

Митигация риска или причиненного вреда здоровью – снижение риска или смягчение (предотвращение, ликвидация) последствий вреда, причиненного здоровью человека (субпопуляции, популяции), либо вследствие нарушения обязательных требований к качеству атмосферного воздуха, либо вследствие негативного совокупного воздействия комплекса загрязняющих веществ при недостаточно эффективном регулировании (квотировании) их выбросов в атмосферу.

Популяция – (от лат. *populus* народ, население), совокупность особей одного вида, обладающих общим генофондом и занимающих определённую территорию.

Популяционный вред здоровью – доказанный вред здоровью, причиненный определенному количеству экспонированных лиц в виде всего спектра выявленных заболеваний, связанный с совокупным воздействием всех вредных факторов (химических веществ) от всех источников их формирования за период наблюдения.

Причинение вреда здоровью – наступает в результате совершения умышленных или неосторожных действий (бездействия), выражающихся в нарушении анатомической целостности или физиологических функций органов и тканей организма человека.

Референтная доза/концентрация – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся

современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения).

Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан с учетом тяжести этого вреда.

Риск для здоровья – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды.

Средняя годовая концентрация загрязняющего вещества – концентрация загрязняющего вещества, определяемая как среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

Степень тяжести вреда, причиненного здоровью человека – количественная характеристика вреда, определяемая тяжестью фактически диагностированного заболевания, детерминированного воздействующим фактором.

Характер вреда, причиненного здоровью человека – качественная характеристика причиненного вреда, определяемая нозологической формой фактически диагностированного заболевания, детерминированного воздействующим фактором.

Хозяйствующий субъект – это осуществляющие производство, реализацию либо приобретение товаров, оказание услуг и выполнение работ частные, государственные и иные предприятия, а также их филиалы и представительства, акционерные общества и иные товарищества, союзы, ассоциации, концерны, межотраслевые, региональные и другие объединения предприятий, организации и учреждения, банки, товарные и фондовые биржи, инвестиционные, пенсионные и другие фонды, иные объединения и граждане, занимающиеся самостоятельной предпринимательской деятельностью.

Хроническая средняя суточная доза – средняя доза вещества, усредненная на хроническую экспозицию (число дней в году).

Экспозиция (уровень воздействия) – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом.

Экспонируемое население – население, подверженное воздействию неблагоприятных факторов.

Экономическая эффективность – соотношение фактических и экономических параметров, отражающих полученные результаты деятельности.

Содержание

| | |
|--|----|
| I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ | 3 |
| II. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ..... | 4 |
| III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДЕКВАТНОСТИ, ДОСТАТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА ВОЗДУХООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ | 7 |
| 3.1. Характеристика зоны риска причинения вреда здоровью населения хозяйствующими субъектами, оказывающими негативное воздействие на качество атмосферного воздуха | 7 |
| 3.2. Оценка аэрогенной экспозиции лиц, находящихся под негативным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов в зоне риска причинения вреда здоровью | 12 |
| 3.3. Установление факта заболевания (причиненного вреда) у лиц в зоне риска причинения вреда здоровью, детерминированного аэрогенным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов..... | 15 |
| 3.4. Расчёт хронической средней суточной дозы каждого вещества, детерминирующей негативные ответы со стороны здоровья | 17 |
| 3.5. Определение перечня загрязняющих веществ, потенциально опасных по причинению вреда здоровью и рекомендованных для включения в планы воздухоохраных мероприятий | 19 |
| 3.6. Оценка причиненного вреда здоровью в виде впервые выявленных хронических заболеваний, детерминированных длительным аэрогенным комбинированным воздействием химических веществ, у экспонированных лиц за период наблюдения..... | 21 |
| 3.7. Оценка адекватности планируемых воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в целях митигации риска и причиненного совокупного вреда здоровью..... | 27 |
| 3.8. Верификация фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохраных мероприятий субъектов хозяйственной деятельности, в зоне риска причинения вреда здоровью населения..... | 28 |
| 3.9. Оценка достаточности воздухоохраных мероприятий по снижению фактической массы выбросов загрязняющих веществ, подлежащих регулированию планами воздухоохраных мероприятий субъектов, осуществляющих хозяйственную деятельность в зоне под экспозицией | 32 |
| 3.10. Митигация рисков и причиненного вреда здоровью населения..... | 36 |
| 3.11. Экономическая оценка эффективности плана воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по отношению к исходному уровню валового выброса, подлежащего корректировке | 42 |
| Приложение 1 | 44 |
| Приложение 2 | 59 |
| Библиографические ссылки | 60 |
| Термины и определения | 62 |
| Содержание..... | 65 |