

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 04.03.2024 10:46:42

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

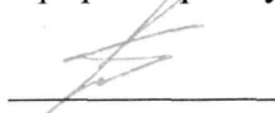
МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



О. Г. Локтионова

« 23 » 03

2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Методические указания

Курск 2023

УДК 632.15 : 616

Составители: М. В. Томаков. В. И. Томаков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А. В. Беседин*

Исследование влияния загрязнения воздуха в промышленных городах на заболеваемость населения: методические указания для выполнения практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. М.В. Томаков, В.И. Томаков. – Курск : ЮЗГУ, 2023. – 23 с.

Изучается уровень загрязнения атмосферного воздуха в промышленных городах на территории Российской Федерации, виды и свойства основных загрязняющих веществ, поступающие в атмосферу от стационарных и передвижных источников.

Расчетным путем на основании математических моделей устанавливается связь между заболеванием органов дыхания и другими болезнями в зависимости от веществ-загрязнителей атмосферного воздуха.

Предназначены студентам всех специальностей и направлений подготовки при изучении дисциплин Экология, Инженерная экология в строительстве, Экологическая безопасность, Экологическая безопасность в теплоэнергетике, Горнопромышленная экология, Безопасность жизнедеятельности.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 2023 г. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. Уч. изд. л. Тираж экз. Заказ 187. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Тема практической работы

Исследование влияния загрязнения воздуха в промышленных городах на заболеваемость населения.

1.2 Введение

С момента появления биосферы ведущими экологическими факторами для организмов, а с появлением человека и для него, остаются климатические, т.е. природой данные условия. Человек, как биосоциальное существо, продолжает оставаться частью биосферы, от которой он зависит в силу вещественно-энергетического круговорота и которую все активнее преобразует, совершая гигантскую биогеохимическую работу. С развитием научно-технической революции все в большей степени проявлялось её негативное следствие - загрязнение окружающей среды, которое приводит к перенапряжению и срыву защитных функций и адаптационных резервов организма человека, за которыми следует развитие острых и хронических патологических процессов. Реакция организма на вредно действующие на него загрязнители окружающей среды проявляется в болезнях. Отклик на неблагоприятное состояние экологической обстановки может быть как в ближайшее время, так и в отдаленные периоды жизни, т.е. проявляющимся через месяцы, годы, иногда и десятки лет.

Здоровье населения в настоящее время рассматривается как критерий функционирования антропоэкологической системы, а болезни человека - как индикатор здоровья системы. Одними из наиболее мощных факторов воздействия на среду и здоровье населения являются значительные объемы выбросов вредных веществ в атмосферу, сброса сточных вод, накопления токсичных отходов. Проявление действия этих факторов на заболеваемость населения изучается как во всем мире, так и в России.

Установлено, что вклад экологических факторов в ухудшение здоровья и формирование основных форм патологии составляет от 50 до 70%.

Для оценки влияния качества среды на здоровье населения обычно используется информация о концентрациях загрязняющих

веществ в атмосфере, воде, почве и уровне заболеваемости населения различными болезнями.

Как правило, используются ряды наблюдений за многолетний период, что делает возможным оценить воздействие неблагоприятных факторов на заболеваемость населения хронической патологией. Изучается прямое воздействие загрязнения воздуха, питьевой воды, пищи, которые позволяют увидеть связи между загрязнением среды и заболеваемостью.

Изучается также интегральное воздействие комплекса загрязнителей элементов биосферы с целью оценки его комбинированного и совокупного воздействия на заболеваемость, прогноза заболеваемости населения промышленных городов.

Воздушный бассейн промышленных городов - это особое состояние атмосферы. Непрерывно в него поступают десятки и даже сотни различных веществ, выбрасываемых промышленными объектами, автомобилями, многочисленными котельными и другими производствами. В загрязнении содержится смесь твердых и жидких взвешенных частиц, а также много газообразных веществ, причем многие из них находятся в атмосферном воздухе в больших концентрациях, поэтому их измеряют и учитывают в первую очередь.

Загрязнение атмосферного воздуха негативно влияет на здоровье населения. В данной практической работе следует оценить влияние многолетнего загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения различными отдельными видами болезней.

1.3 Цель практической работы

Изучить влияние загрязнения атмосферного воздуха в промышленных городах на здоровье человека.

1.4 Задачи практической работы

- изучить виды и свойства основных загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от стационарных и передвижных источников в промышленных городах;

- изучить методику и выполнить расчет уровня заболеваемости населения в связи с загрязнением атмосферного воздуха.

1.5 Планируемые результаты обучения

Результатом является формирование компетенций, установленных рабочей программой дисциплин для обеспечения экологической безопасности.

Знать: основные виды потенциальных опасностей и их последствия для окружающей среды и человека; роль будущей профессиональной деятельности в снижении вероятности реализации опасностей; методические основы экологической безопасности; основы государственной политики обеспечения экологической безопасности.

Уметь: понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии; организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество; квалифицировать факты, события и обстоятельства, принимать решения и совершать действия в точном соответствии с законом.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 Материально-техническое оборудование

Для выполнения расчетов - мобильное электронное вычислительное устройство.

Для выхода в интернет - мобильные гаджеты (планшет, ноутбук, телефон).

2.2 Задания по теме практической работы

1. Изучить состояние загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных городах на территории Российской Федерации, используя информацию методических указаний, материалов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) [1] и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [2].

2. Изучить виды, свойства основных загрязняющих веществ поступающих в атмосферу и их влияние на здоровье человека.

3. Изучить методику оценки зависимости заболеваемости населения от характера загрязнения атмосферного воздуха.

4. Выполнить по индивидуальному заданию расчет уровня заболеваемости населения в связи с загрязнением атмосферного воздуха.
5. Составить отчет.
6. Ответить на вопросы для самоконтроля.
7. Под руководством и совместно с преподавателем проанализировать и обсудить конкретную ситуацию загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных городах центрально-черноземных областей.

2.3 Порядок выполнения практической работы

1. Изучить информацию п. 1, п. 2, выделить и составить краткий конспект, отмечая, на Ваш взгляд, наиболее существенные моменты. Допускается обсуждение с преподавателем и группой студентов.
2. Изучить (п.3) и кратко изложить методику (формулы) оценки зависимости заболеваемости населения от характера загрязнения атмосферного воздуха.
3. Рассмотреть пример выполнения задания, изложенный в п.3..
4. Используя исходные данные своего варианта (п.5), выполнить расчетную часть.
5. Составить отчет
6. Ответить на вопросы для самоконтроля. Приветствуется взаимодействие одногруппников. Взаимный контроль может осуществляться парами.

3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1 Уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории Российской Федерации

Общий объем выбросов загрязняющих веществ в 2021 г. увеличился на 0,3% по сравнению с 2020 г. и составил (по данным Росприроднадзора) 22 млн 299,5 тыс. т.

Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников увеличились по сравнению с уровнем 2020 г. (16 млн 951,5 тыс. т) на

1,5% и составили 17 млн 207,7 тыс. т. (твердых веществ – 1 млн 650,5 тыс. т; газообразных и жидких веществ – 15 млн 557,2 тыс. т.).¹

Суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2021 г. составил 17 млн 207,7 тыс. т.

Основная масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников приходится на предприятия и организации, расположенные на территории городов и городских округов.

Общая масса уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, в 2021 г. составила 47 млн 214,2 тыс. т.

В период 2012-2021 гг. зафиксировано снижение количества уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ на 18,2%.

В 2021 г. наблюдалось незначительное сокращение объема выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников – 5 млн 091,8 тыс. т против 5 млн 276,1 тыс. т в 2020 г. в период пандемии COVID-19.

Основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух вместе с выбросами загрязняющих веществ предприятий различных отраслей промышленности и транспорта, являются диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода. При сжигании газа в условиях недостаточного количества воздуха или при охлаждении пламени горелок в атмосферу выбрасываются углеводороды.

Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха за 2021 г. в городах Российской Федерации проведена с учетом новых гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, установленных нормативами СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиени-

¹ Выбросы загрязняющих веществ. URL: <https://2021.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyy-vozduh/vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv/>

ческие нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В 2021 году в 84 субъектах Российской Федерации органами и организациями Роспотребнадзора проводились исследования содержания в атмосферном воздухе более 54 химических веществ и групп веществ. В результате деятельности органов и организаций Роспотребнадзора на территории Российской Федерации за 2021 год исследовано более 1,337 млн проб атмосферного воздуха в т.ч.:

– при маршрутных и подфакельных исследованиях в зоне влияния промышленных предприятий – более 821 тыс. проб;

– на автомагистралях в зоне жилой застройки – более 290,4 тыс. проб;

– на стационарных постах наблюдения – более 57,7 тыс. проб.

В 2021 г. наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились в 251 городе России на 692 станциях. Из них регулярные наблюдения выполнялись в 221 городе на 620 станциях.

В 2021 году в 68 субъектах установлено превышение ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, при этом выше среднероссийского показателя доли проб атмосферного воздуха (0,82 %), превышающего ПДК, отмечается на территории городских поселений в 19 субъектах Российской Федерации. В их число вошли области: Брянская, Курская, Липецкая.

Количество городов, в которых средние за год концентрации какого-либо загрязняющего вещества превышают 1 ПДК, увеличилось на 77 и составило 211.

Количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается (по показателю ИЗА - индекс загрязнения атмосферы) как высокий и очень высокий, по сравнению с предыдущим годом увеличилось.

В список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации в 2021 г. включены 42 города. По сравнению с предыдущим годом количество городов в приоритетном списке увеличилось на 27.

В 221 городе (88% городов из числа тех, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества-загрязнителя превысили 1 ПДК. В этих городах проживает 71,9 млн чел.

В 2021 г. в 122 городах Российской Федерации, что составляет 53% городов, где проводятся наблюдения, уровень загрязнения атмосферного воздуха является высоким и очень высоким и в них проживает 50,6 млн чел., что составляет 46% городского населения.

Средние за год концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК в 120 городах, бенз(а)пирена – в 41 городе, формальдегида – в 151 городе, диоксида азота – в 41 городе. В 35 городах с общим населением 10,4 млн чел. максимальные концентрации загрязняющих веществ превышают 10 ПДК(!).

В целом по городам Российской Федерации средние из максимальных концентраций всех рассматриваемых загрязняющих веществ, кроме диоксида серы, диоксида азота и оксида азота, превысили 1 ПДК.

Средние из максимальных концентраций фторида водорода, аммиака, оксида углерода, фенола, формальдегида, взвешенных веществ и хлорида водорода составили 1,1-1,8 ПДК, приземного озона, сероуглерода, сероводорода и этилбензола – превысили ПДК в 2,0-2,7 раза, бенз(а)пирена – превысили ПДК в 4,7 раза.

3.2 Виды, свойства основных загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу и их влияние на здоровье человека

Данные федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга и ведомственной статистики за 2021 г. свидетельствуют, что в целом по стране загрязнение атмосферного воздуха, питьевых вод, почв городских и сельских поселений, качество пищевой продукции, не соответствующее гигиеническим нормативам, вероятно формируют порядка 23,3 тысяч дополнительных случаев смертей и около 4,4 млн дополнительных случаев заболеваний детского и взрослого населения.

Оксиды азота NO_x (NO и NO_2) являются одним из наиболее опасных загрязнителей атмосферного воздуха. На эти соединения, обладающие выраженным общетоксичным и раздражающим действием на организм человека, установлены весьма низкие ПДК.

Наряду с оксидами серы, оксиды азота вносят большой вклад в образование кислотных дождей, приводящих к гибели лесов и отравлению водоемов, в образование смога.

Виды и свойства основных загрязняющих веществ

Все загрязняющие атмосферный воздух вещества в большей или меньшей степени оказывают отрицательное влияние на здоровье человека. Эти вещества попадают в организм человека преимущественно через систему дыхания. Органы дыхания страдают от загрязнения непосредственно, поскольку около 50% частиц примеси радиусом от 0,01 до 0,1 мкм, проникающих в легкие, осаждаются в них. Проникающие в организм частицы вызывают токсический эффект, поскольку они:

- а) токсичны (ядовиты) по своей химической или физической природе;
- б) служат помехой для одного или нескольких механизмов, с помощью которых нормально очищается респираторный (дыхательный) тракт;
- в) служат носителем поглощенного организмом ядовитого вещества.

В некоторых случаях воздействие одни из загрязняющих веществ в комбинации с другими приводят к более серьезным расстройствам здоровья, чем воздействие каждого из них в отдельности. Большую роль играет продолжительность воздействия.

Статистический анализ позволил достаточно надежно установить зависимость между уровнем загрязнения воздуха и такими заболеваниями, как поражение верхних дыхательных путей, сердечная недостаточность, бронхиты, астма, пневмония, эмфизема легких, а так же болезни глаз.

Оксид углерода. Концентрация CO, превышающая предельно допустимую, приводит к физиологическим изменениям в организме человека. Объясняется это тем, что CO – исключительно агрессивный газ, легко соединяющийся с гемоглобином (красными кровяными тельцами). При соединении образуется карбоксигемоглобин, повышение (сверх нормы, равной 0,4%) содержание которого в крови сопровождается:

- а) ухудшением остроты зрения и способности оценивать длительность интервалов времени;
- б) нарушением некоторых психомоторных функций головного мозга (при содержании 2-5%);
- в) изменениями деятельности сердца и легких (при содержании более 5%);

г) головными болями, сонливостью, спазмами, нарушениями дыхания и смертностью (при содержании 10-80%).

Степень воздействия оксида углерода на организм зависят не только от его концентрации, но и от времени пребывания (экспозиции) человека в загазованном СО воздухе. Так, при концентрации СО равной 10-50 млн ppm (нередко наблюдаемой в атмосфере площадей и улиц больших городов), при экспозиции 50-60 мин отмечаются нарушения, приведенные в п. "а", 8-12 ч - 6 недель - наблюдаются изменения, указанные в п. "в". Нарушение дыхания, спазмы. Потеря сознания наблюдаются при концентрации СО, равной 200 млн ppm, и экспозиции 1-2 ч при тяжелой работе и 3-6 ч - в покое. К счастью, образование карбоксигемоглобина в крови - процесс обратимый после прекращения вдыхания СО начинается его постепенный вывод из крови; у здорового человека содержание СО в крови каждые 3-4 ч и уменьшается в два раза. Оксид углерода - очень стабильное вещество, время его жизни в атмосфере составляет 2-4 мес. При ежегодном поступлении 350 млн. т концентрация СО в атмосфере должна была бы увеличиваться примерно на $0,03 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$. Однако этого, к счастью, не наблюдается, чем мы обязаны в основном почвенным грибам, очень активно разлагающим СО (некоторую роль играет также переход СО в CO_2).

Диоксид серы и серный ангидрид. Диоксид серы (SO_2) (3 класс опасности) - бесцветный газ с резким запахом и серный ангидрид (SO_3) в комбинации со взвешенными частицами и влагой оказывают наиболее вредное воздействие на человека, живые организмы и материальные ценности SO_2 - бесцветный и негорючий газ, запах которого начинает ощущаться при его концентрации в воздухе 0,3-1,0 млн ppm, а при концентрации свыше 3 млн ppm SO_2 имеет острый раздражающий запах. Раздражающее действие диоксида серы усиливается при повышении влажности воздуха и туманах. На влажной поверхности слизистых оболочек SO_2 переходит в серную кислоту. Действие SO_2 проявляется, также, в нарушении обменных процессов, раздражением кровеносных органов и др. Диоксид серы в смеси с твердыми частицами и серной кислотой (раздражитель более сильный, чем SO_2) уже при среднегодовом содержании 9,04-0,09 млн ppm и концентрации дыма $150-200 \text{ мг}/\text{м}^3$ приводит к увеличению симптомов затрудненного дыхания и болезней легких, а при среднесуточном содержании SO_2 0,2-0,5 млн ppm и концентрации дыма $500-750 \text{ мг}/\text{м}^3$

наблюдается резкое увеличение числа больных и смертельных исходов. При концентрации $\text{SO}_2 = 0,3-0,5$ млн ppm в течение нескольких дней наступает хроническое поражение листьев растений (особенно шпината, салата, хлопка и люцерны), а также иголок сосны.

Оксиды азота. Оксиды азота (прежде всего, ядовиты диоксид азота NO_2), соединяющиеся при участии ультрафиолетовой солнечной радиации с углеводородами (среди наибольшей реакционной способностью обладают олефины), образуют пероксилацетилнитрат (ПАН) и другие фотохимические окислители, в том числе пероксибензоилнитрат (ПБН), озон (O_3), перекись водорода (H_2O_2), диоксид азота. Эти окислители - основные составляющие фотохимического смога, повторяемость которого велика в сильно загрязненных городах.

Оксиды азота (класс опасности 3) представляют собой бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом, вызывает респираторные заболевания, бронхиты у новорожденных, в частности диоксид азота соприкасаясь с эпителием легких, образует азотистую и азотную кислоты, которые после диссоциации на нитрит и нитрат ионы способны превращать гемоглобин крови в мет гемоглобин. Вдыхание небольших количеств N_2O приводит к притуплению болевой чувствительности. В малых количествах N_2O вызывает чувство опьянения (отсюда название «веселящий газ»). Вдыхание чистого N_2O быстро вызывает наркотическое состояние и удушье.

По мере удаления от источника выброса все большее количество NO превращается в NO_2 (класс опасности 3) - бурый, обладающий характерным неприятным запахом газ. Диоксид азота сильно раздражает слизистые оболочки дыхательных путей. Вдыхание ядовитых паров диоксида азота может привести к серьезному отравлению. Диоксид азота вызывает сенсорные (ослабляет обоняние, ночное зрение), функциональные (вызывает увеличение усилий, затрачиваемых на дыхание) и патологические эффекты (человек более восприимчив к патогенам, вызывающим болезни дыхательных путей). У людей, подвергшихся воздействию высоких концентраций диоксида азота, чаще наблюдаются катар верхних дыхательных путей, бронхиты, круп и воспаление легких. Кроме того, диоксид азота сам по себе может стать причиной заболеваний дыхательных путей. Попадая в организм человека, NO_2 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. Возникает отек легких, который зачастую ведет к летальному исходу. Длительное воздействие оксидов азота вызывает расширение клеток в корешках бронхов (тонких разветвлениях воздушных путей альвеол), ухудшение сопротивляемости легких к бактериям, а также расширение альвеол. В районах с высоким содержанием в атмосфере диоксида азота наблюдается повышенная смертность от сердечных и раковых заболеваний.

3.3 Влияние атмосферного воздуха на здоровье населения

В медико-демографические потери и, прежде всего, в общую смертность в 2021 года вносили вклад те неблагоприятные факторы среды обитания, которые носили долговременный, систематический характер.

Выявленные причинно-следственные связи между показателями качества атмосферного воздуха показали, что в среднем число дополнительных случаев смерти от всех причин, вероятно обусловленных загрязнением атмосферного воздуха промышленных территорий, составило в 2020 г. 5,1 случая на 100 тыс. населения. С воздействием приоритетных химических примесей атмосферного воздуха сельских территорий в 2021 г. ассоциировано порядка 4,6 случая смертей на 100 тыс. всего населения.

Смертность регистрировалась по причине болезней органов дыхания, органов пищеварения, системы кровообращения, злокачественных новообразований и составила 6 685 случаев.

Основную долю дополнительных случаев смерти у всего населения формировала смертность населения от злокачественных новообразований (1,95 на 100 тыс. человек) и болезней органов дыхания (1,44 на 100 тыс. человек).

Число дополнительных случаев смерти от болезней органов дыхания в 2021 году составило 1,44 на 100 тыс. населения и имеет устойчивую связь с загрязнением атмосферного воздуха азота диоксидом, азота оксидом, аммиаком, взвешенными веществами и их мелкодисперсными фракциями, гидроксibenзолом и его производными, ароматическими углеводородами, ксилолом, толуолом, формальдегидом, фтором и его соединениями и пр.

В целом доля ассоциированных с загрязнением атмосферного воздуха болезней детского населения составила 1643,72 дополнительных случаев на 100 тыс. детского населения, для взрослого населения трудоспособного возраста аналогичный показатель составил – 455,11 на 100 тыс. населения.

С воздействием приоритетных химических примесей атмосферного воздуха селитебных территорий в 2021 г. ассоциировано порядка около 748,2 дополнительных случаев заболеваний на 100 тыс. всего населения.

Заболеваемость (1 093 647 случаев) регистрировалась в классах:

- болезни органов дыхания;
- глаза и его придаточного аппарата;
- костно-мышечной системы и соединительной ткани;
- крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм;
- нервной системы;
- органов пищеварения;
- системы кровообращения;
- эндокринной системы;
- мочеполовой системы; новообразования.

Основную долю дополнительных случаев заболеваний всего населения в целом по РФ формировали болезни органов дыхания – 69,7 % в структуре, на втором месте находились болезни органов пищеварения – 13,5 %, на третьем – болезни системы кровообращения – 7,1 %, на четвертом – болезни нервной системы – 3,4 %, остальные классы болезней вносили менее 2 % в структуру ассоциированных случаев заболеваний.

Выявленные в ходе мониторинга повышенные уровни содержания в атмосферном воздухе азота оксида, аммиака, взвешенных веществ, гидроксibenзола и его производных, дигидросульфида, ароматических углеводородов, ксилола, свинца, серы диоксида, углерода оксида, формальдегида, фтора и его соединений и прочих химических примесей могут формировать развитие перечисленных заболеваний.

Приоритетными факторами риска продолжают оставаться окислы азота, взвешенные вещества, формальдегид, сера диоксид, алифатические предельные и ароматические углеводороды, в том числе

бензол, гидроксibenзол и его производные, ксилол, толуол, аммиак, бенз(а)пирен, дигидросульфид, марганец, свинец, серная кислота, сероуглерод, углерод оксид, хлор и его соединения, фтор и его соединения и др.

3.4 Механизм воздействия

Загрязняющие вещества, находящиеся в атмосфере, в первую очередь оказывают прямое действие, нарушая функцию внешнего дыхания, т.е. нарушая механизмы, обеспечивающие нормальное содержание в крови кислорода и углекислоты. Известно, что в легких происходят три основных процесса: вентиляция альвеол, диффузия молекулярного кислорода и углекислого газа через альвеолокапиллярную мембрану и перфузия (протекание соответствующего количества крови через легочные капиллярные сосуды), строгая взаимосвязь которых и обеспечивает нормальный газовый состав крови. Химические соединения, находящиеся в атмосфере, могут приводить к нарушению одного из этих механизмов, снижению эффективности дыхания и развитию его недостаточности, что в свою очередь вызывает гипоксию и газовый ацидоз. В первую очередь нарушается альвеолярная вентиляция, суть которой заключается в регулярном обновлении альвеолярных газов в соответствии с потребностями организма.

Учитывая то, что человек не может выбрать себе качество воздуха, загрязняющие атмосферу вещества могут напрямую внедриться в различные звенья патогенеза заболеваний дыхательной системы.

Органы дыхательной системы выполняют не только функцию газообмена между кровью и воздухом, но и многие другие, которые могут нарушаться при действии различных факторов загрязнения среды. Известна защитная функция, - легкие способны задерживать более 90% частиц диаметром свыше 2 мкм, поступающих с вдыхаемым воздухом. Осевшие на стенках бронхов частицы удаляются с восходящим током слизи, благодаря ритмичным движениям огромного числа тонких ресничек, работа которых может быть парализована некоторыми токсичными веществами. Частицы же, осевшие в альвеолах, преимущественно поглощаются макрофагами и попадают в кровь, лимфу. Тем не менее, легкие обладают фильтрационной функцией, способствующей очищению крови от различных примесей, но эта функция может быть нарушена.

С другой стороны, очень интенсивно осуществляется и всасывательная функция. Легкие выполняют важные метаболические функ-

ции, участвуя в обмене белков, жиров, углеводов, так как через эти органы проходит вся кровь.

Также надо отметить, что легкие являются резервуаром крови благодаря выраженной способности сосудов малого круга изменять свой объем при незначительных изменениях давления на них. Легкие играют определенную роль в поддержании водного баланса, поскольку с выдыхаемым воздухом из организма выделяется и вода.

Поскольку в организме все взаимосвязано и нарушения в одних органах приводят к нарушениям других. Поэтому, поступление с вдыхаемым воздухом загрязнителей может способствовать нарушению всех важных функций легких, которые приведут к развитию патологических процессов в любых органах и системах организма. Таким образом, загрязняющие вещества, попавшие в организм ингаляционным путем, будут оказывать как прямое, так и опосредованное действие.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Основные понятия, используемые в работе

Атмосферный воздух - В соответствии Федеральным законом от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» под атмосферным воздухом понимается «жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений».

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 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.

Источник выброса - сооружение, техническое устройство, оборудование, которые выделяют в атмосферный воздух загрязняющие вещества.

Стационарный источник - источник выброса, местоположение которого определено с применением единой государственной системы координат или который может быть перемещен посредством передвижного источника.

Передвижной источник - транспортное средство, двигатель которого при его работе является источником выброса.

Качество атмосферного воздуха - совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим нормативам качества атмосферного воздуха и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха.

Общая заболеваемость – число всех случаев заболеваний, с которыми население обратилось за данный год за медицинской помощью в любые амбулаторно-поликлинические учреждения, отнесенное к численности населения.

ПДК - предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. ПДК веществ в воздухе измеряется в мг/м³.

Корреляционная зависимость – это согласованные изменения двух (парная корреляционная связь) или большего количества признаков (множественная корреляционная связь). Суть ее заключается в том, что при изменении значения одной переменной происходит закономерное изменение (уменьшение или увеличение) другой(-их) переменной(-ых).

4.2 Методика оценки зависимости заболеваемости населения от характера загрязнения атмосферного воздуха

Наиболее представительным, как в научных исследованиях, так и в практическом здравоохранении является метод математического моделирования, позволяющий имитировать реально протекающие

процессы, выделять наиболее значимые и оптимальные значения из множества вариантов, количественно отражать взаимосвязь ряда факторов, вскрытую качественным анализом, использовать результаты автономных прогнозов о динамике отдельных факторов и выстраивать систему взаимосвязанных моделей.

Основным достоинством метода моделирования является возможность изучения степени изменчивости системы под влиянием отдельных факторов и определение всей полноты взаимосвязи переменных. Наиболее значимая группа методов математического моделирования - это статистико-вероятностные модели. Они позволяют прогнозировать ту или иную величину (зависимую переменную) на основе изменения факторов (независимых переменных), входящих в модель. Простейшей статистико-вероятностной моделью являются модели (уравнения) парной корреляции, достаточно широко распространенные для оценки различных показателей здравоохранения. Они устанавливают количественную меру взаимосвязи двух факторов между собой.

Значительный интерес представляют многофакторные модели, описывающие влияние на прогнозируемую величину не одного, а ряда факторов, зависимость которых может быть выражена уравнением множественной корреляции или уравнением множественной линейной регрессии. Поэтому система уравнений – одна из наиболее эффективных прогнозных моделей.

Корреляционно-регрессионный анализ позволяет измерить количественно тесноту, направление связи (корреляционный анализ), а также установить аналитическое выражение зависимости результата от конкретных факторов при постоянстве остальных действующих на результативный признак факторных признаков (регрессионный анализ).

Зная среднегодовые концентрации загрязнителей, общее население территории, для которой рассчитывается общая заболеваемость, методом построения эмпирических зависимостей строятся уравнения регрессии между значением общей заболеваемости (определенным видом болезней на 1000 человек населения) и уровнем загрязнения атмосферы различными ингредиентами (показателями фактической концентрации). Так, в частности, была установлена корреляционная зависимость между общей заболеваемостью органов дыхания $Y_{o.d.}$ на 1000 человек и уровнем загрязнения пылью, CO, NO₂ и SO₂ (коэффициент корреляции $R = 0,71$):

$$Y_{\text{о.д.}} = 147,7 + 21,3x_1 + 20,8x_2 + 98,4x_3 + 137,2x_4, \quad (1)$$

где x_1 - среднегодовая концентрация (мг/м^3): пыли; x_2 - среднегодовая концентрация CO; x_3 - среднегодовая концентрация SO₂; x_4 - среднегодовая концентрация NO₂.

По медицинским исследованиям загрязнение воздушного бассейна наибольшее влияние оказывает на заболеваемость группы органов дыхания, что в свою очередь, отрицательно влияет на функционирование сердечнососудистой системы, желудочно-кишечного тракта и т.д.

Методом построения эмпирических зависимостей было установлено, что между распространенностью болезней органов дыхания и болезнями других органов и систем существует тесная корреляционная связь, которую в большинстве случаев можно интерпретировать как функциональную зависимость:

$$\begin{aligned} Y_{\text{с.с.}} &= e^{-1,3} \times Y_{\text{о.д.}}^{0,023}; \\ Y_{\text{с.}} &= e^{-0,38} \times Y_{\text{о.д.}}^{0,021}; \\ Y_{\text{ж.к.}} &= e^{-1,5} \times Y_{\text{о.д.}}^{0,015}; \\ Y_{\text{о.з.}} &= Y_{\text{о.д.}} / (0,41 \times Y_{\text{о.д.}} + 0,117); \\ Y_{\text{з.н.}} &= Y_{\text{о.д.}} / (0,5 \times Y_{\text{о.д.}} + 0,93), \end{aligned} \quad (2)$$

где $Y_{\text{з.н.}}$ - заболеваемость злокачественными новообразованиями на 1000 человек;

$Y_{\text{о.д.}}$ - заболеваемость органов дыхания на 1000 человек;

$Y_{\text{с.с.}}$ - заболеваемость болезнями сосудистой системы на 1000 человек;

$Y_{\text{с.}}$ - заболеваемость болезнями сердца на 1000 человек;

$Y_{\text{ж.к.}}$ - заболеваемость болезнями желудочно-кишечного тракта на 1000 человек;

$Y_{\text{о.з.}}$ - общая заболеваемость на 1000 человек.

Зная среднегодовые концентрации загрязнителей, общее население территории, для которой рассчитывается ущерб, и средний ущерб от заболевания одного человека болезнями, например, органов дыхания, можно рассчитать ущерб, который понесла экономика территории от заболеваемости населения болезнями органов дыхания из-за загрязнения атмосферы.

Заболеваемость населения зависит не только от загрязнения атмосферы, но и от множества других факторов: от топографии местности; температуры воздуха и его относительной влажности; скорости ветра; состояния медицинского обслуживания; образа жизни; количества зеленых насаждения; уровня благоустройства города, т.е. развитости социальной инфраструктуры; транспорта и т. д.

4.3 Пример выполнения задания

1. Вычисление зависимости между общей заболеваемостью органов дыхания $Y_{o.d.}$ на 1000 человек и уровнем загрязнения пылью, CO, NO₂ и SO₂ по формуле (1):

$$Y_{o.d.} = 147,7 + 21,3x_1 + 20,8x_2 + 98,4x_3 + 137,2x_4, \quad (1)$$

где x_1 – среднегодовая концентрация пыли – 4 мг/м³; x_2 – среднегодовая концентрация CO – 14 мг/м³; x_3 – среднегодовая концентрация SO₂ – 0,4 мг/м³; x_4 – среднегодовая концентрация NO₂ – 0,10 мг/м³.

$$Y_{o.d.} = 147,7 + 21,3 \times 4 + 20,8 \times 14 + 98,4 \times 0,4 + 137,2 \times 0,10 = 577.$$

2. Вычисление зависимости между общей болезнью органов дыхания и болезнями других органов и систем по формулам (2):

$$Y_{c.c.} = e^{-1,3} \times Y_{o.d.}^{0,023} = 0,27253 \times 577^{0,023} = 1,157;$$

$$Y_c = e^{-0,38} \times Y_{o.d.}^{0,021} = 0,68386 \times 577^{0,021} = 1,143;$$

$$Y_{ж.к.} = e^{-1,5} \times Y_{o.d.}^{0,015} = 0,22313 \times 577^{0,015} = 1,1;$$

$$Y_{o.з.} = Y_{o.d.} / (0,41 \times Y_{o.d.} + 0,117) = 577 / (0,41 \times 577 + 0,117) = 2,44;$$

$$Y_{з.н.} = Y_{o.d.} / (0,5 \times Y_{o.d.} + 0,93) = 577 / (0,5 \times 577 + 0,93) = 1,993.$$

3. Вычисление абсолютного заболеваний по группам болезней в городе с заданной численностью населения, тыс. чел. В примере – 500 тыс. чел.

$$Y_{o.d.} = 577 \times 500 = 288500;$$

$$Y_{c.c.} = 1,157 \times 500 = 578,5;$$

$$Y_c = 1,143 \times 500 = 571,5;$$

$$Y_{ж.к.} = 1,1 \times 500 = 550;$$

$$Y_{o.з.} = 2,44 \times 500 = 1220;$$

$$Y_{з.н.} = 1,993 \times 500 = 965.$$

4.4 Индивидуальные задания для выполнения расчетной части работы

Применяя зависимости (1) и (2) определите прогнозное количество заболеваний в населенном пункте из-за загрязнения атмосферы, если известно следующее (таблица 1).

Таблица 1- Исходные данные для расчета

Показатели	Варианты (по порядковому номеру в списке группы)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Численность населения, тыс. чел	390	950	400	570	470	615	820	520	730	930
Среднегодовая концентрация, мг/м ³ : пыли (x ₁)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СО (x ₂)	10	11	12	13	9	10	12	15	13	15
SO ₂ (x ₃)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4
NO ₂ (x ₄)	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11

5 Отчет о работе

Отчет по практическому заданию должен содержать: цель и задачи; текстовый материал, указанный в пункте «порядок выполнения практической работы» (стр. 6); выводы.

6 Шкала оценивания и критерии оценивания выполненных заданий

Проверка ответов (решений) может осуществляться преподавателем как на практическом занятии, так и по его окончании. Ответ (решение) может быть как типовым, так и нестандартным. Приветствуются нестандартные ответы (решения), предлагаемые обучающимися. Ответы (решения) могут рассматриваться и обсуждаться коллективно.

Результаты (оценки по 5-балльной шкале) сообщаются обучающимся непосредственно на практическом занятии; в случае необходимости проверки ответов (решений) по окончании практического занятия – не позднее следующего практического занятия по учебной дисциплине.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом; допускается наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если при решении задачи допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача нерешена или при ее решении допущены ошибки критического характера.

7 Задания для самостоятельной работы

Изучить состояние загрязнения атмосферного воздуха в промышленных городах Центрально-Черноземных областей РФ, используя информацию материалов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) [1] и Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [2]. Выполнить сравнительный анализ по основным веществам-загрязнителям.

8 Вопросы для самоконтроля и защиты отчета

1. Какие вещества-загрязнители оказывают наибольшее влияние на уровень и структуру общей заболеваемости населения?
2. Какая информация обычно используется для оценки влияния качества среды на здоровье населения?
3. Какой основной негативный для здоровья человека эффект, вызывают проникающие в организм частицы?
4. Назовите реальный уровень заболеваемости болезнями органов дыхания в РФ в расчете на 1000 человек населения.
5. Назовите отрицательное воздействие оксида углерода на организм человека.
6. Назовите отрицательное воздействие оксидов азота на организм человека.

7. Назовите отрицательное воздействие диоксида серы на организм человека.

8. Назовите значимые группы методов математического моделирования, позволяющие количественно отражать взаимосвязь уровня заболеваемости населения с негативными факторами в окружающей среде.

9. На какую функцию организма загрязняющие вещества, находящиеся в атмосфере, в первую очередь оказывают прямое действие?

10. Какие негативные последствия для организма человека влечет заболевание органов дыхания?

11. В чем суть методики прогноза уровня заболеваемости в связи с загрязнением среды?

12. Какие основные функции выполняют органы дыхательной системы человека?

13. Почему в промышленных городах уровень заболеваемости органов дыхания выше, чем средний статистический по стране?

Рекомендательный список

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 340 с.

2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2022. – 685 с.

3. Лежнёв О.К. Особенности зависимости заболеваемости населения от уровня загрязненности атмосферного воздуха в региональных условиях. Дис. ... канд. мед. наук. М., 2012. – 187 с.

4. Сенотрусова С.В. Влияние загрязнения окружающей среды на заболеваемость населения промышленных городов. Дис. ... д-ра биол. наук. – Владивосток, 2005. – 444 с.

5. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.

6. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901732276>.