

**Рекомендации ВОЗ  
по качеству  
воздуха, касающиеся  
твердых частиц,  
озона, двуокиси  
азота и двуокиси серы**

*Глобальные обновленные данные  
2005 год*

**Краткое изложение оценки риска**



**Всемирная организация  
здравоохранения**



**Рекомендации ВОЗ по качеству  
воздуха, касающиеся  
твердых частиц, озона, двуокиси  
азота и двуокиси серы.  
Глобальные обновленные данные  
2005 год**



**Всемирная  
организация здравоохранения**

## **Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. Глобальные обновленные данные**

**Air Quality guidelines for particulate matter, Ozone, Nitrogen, Dioxide, Sulfur Dioxide**

Library Cataloguing-in-Publication Data

© Всемирная организация здравоохранения, 2006 г.

Все права зарезервированы. Публикации Всемирной организации здравоохранения могут быть получены в Отделе прессы ВОЗ, Всемирная организация здравоохранения, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland (тел.: +41 22 791 3264; факс: +41 22 791 4857; электронная почта: [bookorders@who.int](mailto:bookorders@who.int)). Запросы для получения разрешения на воспроизведение или перевод публикаций ВОЗ - будь то для продажи или для некоммерческого распространения - следует направлять в Отдел прессы ВОЗ по указанному выше адресу (факс: +41 22 791 4806; электронная почта: [permissions@who.int](mailto:permissions@who.int)).

Обозначения, используемые в настоящем издании, и приводимые в нем материалы ни в коем случае не выражают мнения Всемирной организации здравоохранения о юридическом статусе какой-либо страны, территории, города или района, их правительствах или их границах. Пунктирными линиями на картах показаны приблизительные границы, в отношении которых пока еще не достигнуто полного согласия.

Упоминание конкретных компаний или продукции некоторых изготовителей не означает, что Всемирная организация здравоохранения отдает им предпочтение по сравнению с другими, которые являются аналогичными, но не упомянуты в тексте. Исключая ошибки и пропуски, наименования патентованной продукции выделяются начальными прописными буквами.

Все разумные меры предосторожности были приняты ВОЗ для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее, опубликованные материалы распространяются без какой-либо четко выраженной или подразумеваемой гарантии. Ответственность за интерпретацию и использование материалов ложится на пользователей. Всемирная организация здравоохранения ни в коем случае не несет ответственности за ущерб, связанный с использованием этих материалов.

Опубликовано в  
Отделе подготовки документов ВОЗ, Женева, Швейцария

## Содержание

<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>РОЛЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ В ОХРАНЕ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>6</b>
<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И ИХ ОБОСНОВАНИЕ .....</b>	<b>9</b>
ТВЕРДЫЕ ЧАСТИЦЫ .....	9
ОЗОН .....	16
ДВУОКИСЬ АЗОТА .....	19
ДВУОКИСЬ СЕРЫ .....	22
<b>БИБЛИОГРАФИЯ.....</b>	<b>26</b>

## Предисловие

Чистый воздух является основным условием здоровья и благополучия человека. Однако загрязненный воздух по-прежнему является значительной угрозой для здоровья людей во всем мире. Согласно проведенной ВОЗ оценке бремени болезней, связанных с загрязненным воздухом, более двух миллионов случаев преждевременной смерти ежегодно связаны с последствиями загрязнения атмосферного воздуха в городах и загрязнением воздуха в помещениях (причинаемого сжиганием твердых видов топлива). Более половины этого бремени заболеваний несет на себе население развивающихся стран<sup>1</sup>.

Рекомендации ВОЗ в отношении качества воздуха предназначены служить ориентиром в деле уменьшения влияния загрязненного воздуха на здоровье. Они были впервые подготовлены в 1987 году<sup>2</sup> и обновлены в 1997 году.<sup>3</sup> Рекомендации основаны на экспертной оценке современных научных данных. Учитывая большое количество новых исследований о воздействии загрязненного воздуха на здоровье, которые были опубликованы в научной литературе с момента завершения второго издания *Air quality Guidelines for Europe*, в том числе важных новых исследований, проведенных в странах с низким и средним уровнем доходов, где воздух загрязнен более всего, ВОЗ провела анализ имеющихся научных данных и того, как это может повлиять на разработанные рекомендации организацией по качеству воздуха. Результаты этой работы представлены в настоящем документе в форме пересмотренных рекомендаций по отдельным веществам, загрязняющим воздух, и которые действительны для всех регионов ВОЗ. Эти рекомендации предназначены для того, чтобы служить информативной базой для руководства и служить необходимыми критериями, используемыми в широком разнообразии политических методов регулирования качества воздуха в различных частях света.

Новая информация, включенная в данный последний выпуск рекомендаций по качеству воздуха, касается четырех распространенных загрязняющих воздух веществ: твердых частиц (ТЧ), в т.ч. озона (O<sub>3</sub>), двуокиси азота (NO<sub>2</sub>) и двуокиси серы (SO<sub>2</sub>). В обзоре отражены имеющиеся новые данные в отношении воздействия этих загрязнителей на здоровье и их относительная роль с точки зрения нынешнего и будущего воздействия загрязненного воздуха на здоровье в каждом из регионов ВОЗ. В отношении загрязнителей воздуха не рассматриваемых в настоящем документе, выводы, представленные в публикации ВОЗ *Air quality guidelines for Europe*<sup>3</sup> остаются в силе.

---

<sup>1</sup> Доклад о состоянии здравоохранения в мире, 2002 год. Уменьшение риска, содействие здоровому образу жизни. Женева, Всемирная Организация Здравоохранения 2002 год.

<sup>2</sup> *Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987 (WHO Regional Publications, European Series, No. 23)*

<sup>3</sup> *Air quality guidelines for Europe, 2<sup>nd</sup> ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series, No. 91)*

Процесс, в результате которого появился настоящий пересмотр рекомендаций по качеству воздуха, описан в докладе совещания рабочей группы ВОЗ, которое было проведено в Бонне 18-20 октября 2005 года<sup>4</sup>. В этом докладе поименованы члены рабочей группы, которые рассмотрели имеющиеся данные и рекомендовали представленные в настоящем документе параметры. Полный доклад, в котором будет проведена подробная оценка имеющихся научных данных, а также пересмотренные вступительные разделы рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха, будет опубликован позднее в 2006 году.

---

<sup>4</sup> Доклад помещен на веб-сайте <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>

## **Роль рекомендаций в охране здоровья**

Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха предназначены для использования во всем мире. Они были разработаны с целью содействия мерам, направленным на обеспечение лучшего качества воздуха, способствующего охране здоровья в различных условиях. С другой стороны, каждая страна устанавливает для себя стандарты качества воздуха, стремясь к охране здоровья своих граждан и как таковые, эти стандарты являются важной составной частью национальных мер в области управления риском и экологической политики. Национальные стандарты разнятся в соответствии с принятыми методами обеспечения сбалансированности медико-санитарных рисков, с технологической осуществимостью, с экономическими соображениями и различными другими политическими и социальными факторами, которые, в свою очередь, зависят, среди прочего, от уровня развития и национального потенциала в области поддержания качества воздуха. В параметрах, рекомендуемых ВОЗ, учитывается эта разнохарактерность и, в частности, признается, что при разработке политических задач правительства должны тщательно учитывать свои собственные местные обстоятельства, прежде чем утвердят рекомендации непосредственно в качестве стандартов, имеющих правовую основу.

Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха опираются на внушительный, к настоящему времени, объем научных данных, касающихся загрязнения воздуха и его влияния на здоровье. Хотя и здесь имеются пробелы и неопределенности, эти данные образуют прочную основу для рекомендаций. Ряд важнейших открытий, появившихся в последние годы, заслуживает особого внимания. Во-первых, данные в отношении озона ( $O_3$ ) и твердых частиц (ТЧ) указывают на то, что их наличие в концентрациях, обнаруженных в настоящее время во многих городах в развитых странах, образует риск для здоровья. Более того, поскольку в исследованиях не выявлены пороговые значения, ниже которых неблагоприятные последствия не имеют места, следует подчеркнуть, что приводимые здесь рекомендуемые параметры не могут полностью обеспечить защиту здоровья человека.

Во-вторых, с загрязнением воздуха, и при этом при более все низких концентрациях, связывают все большее число неблагоприятных явлений в плане здоровья. Это в особенности справедливо в отношении твердых частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии. В новых исследованиях используются более совершенные методы и более искусные, но точные показатели воздействия на здоровье, например, физиологические показатели (например, нарушения функции легких, маркеры воспалительных процессов). Поэтому в обновленных рекомендациях могут учитываться вышеуказанные точные показатели, в дополнение к наиболее важным показателям здоровья населения, таким как смертность и незапланированные госпитализации.



В-третьих, в нашем понимании сложности всей совокупности загрязняющих воздух веществ произошли качественные сдвиги. Стали очевидными ограничения метода борьбы против загрязнения воздуха на основе рекомендаций, учитывающих отдельные загрязняющие вещества. Например, двуокись азота ( $\text{NO}_2$ ), является производной процесса сгорания и обычно встречается в атмосфере в тесной связи с другими основными загрязнителями, включая сверхтонкие частицы (СТЧ). Двуокись азота сама по себе является токсичной и также является предшественником озона, с которым она сосуществует наряду с целым рядом других оксидантов, возникающих в результате фотохимических процессов. Концентрации  $\text{NO}_2$  нередко находятся в прочной взаимосвязи с концентрациями других токсичных загрязнителей и, поскольку содержание двуокиси азота легче поддается измерениям, она часто выступает в качестве основы для косвенного анализа по целому ряду загрязняющих веществ. Поэтому снижение содержания  $\text{NO}_2$  до рекомендуемых значений может принести в медико-санитарном плане большую пользу, чем та, достижение которой предполагается по расчетам, проведенным по одному единственному загрязнителю.

В нынешнем пересмотренном издании рекомендации ВОЗ для Европы в отношении качества воздуха приводятся новые рекомендуемые значения по трем из четырех рассматриваемых загрязнителей. В отношении двух из них (твердые частицы и озон) имеется возможность вывести количественную взаимосвязь между концентрацией данного загрязнителя, наблюдаемую в окружающем воздухе, и конкретными медико-санитарными последствиями (обычно смертностью). Выявление подобных взаимосвязей весьма ценно при оценке медико-санитарных последствий и позволяет понять причины смертности и заболеваемости, связанные с нынешними уровнями загрязнения воздуха, а также позволяет понять, каких сдвигов в медико-санитарном плане можно ожидать при уменьшении загрязнения воздуха, происходящего по различным сценариям. Показатели бремени болезней также можно использовать при расчете издержек и преимуществ мероприятий, способствующих уменьшению загрязнения воздуха. Методы проведения и ограничения, присущие оценкам медико-санитарных последствий, обобщены в полном докладе, составленном в подкрепление обновленных рекомендаций.

Содержание загрязнителей в воздухе должны измеряться в контрольные точки, являющихся репрезентативными с точки зрения экспозиции населения. Уровни загрязнения воздуха могут оказаться выше вблизи определенных источников загрязнения, таких как дороги, электростанции и крупные стационарные источники. Поэтому охрана здоровья населения, проживающего в этих условиях, может потребовать специальных мер для того, чтобы снизить уровни загрязнения ниже, чем это требуется в соответствии с рекомендациями.

В последующих разделах данного документа представлены рекомендации ВОЗ в отношении твердых частиц, озона,  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_2$  и в каждом случае приводятся обоснования для решения о пересмотре рекомендуемого параметра или сохранения ранее рекомендованного. Как сказано выше, эпидемиологические данные указывают на то, что возможность неблагоприятного воздействия на здоровье

сохраняется даже в тех случаях, когда рекомендуемые значения, достигнуты, и по этой причине в некоторых странах может оказаться необходимым установление более низких концентраций в качестве национальных стандартов качества воздуха, чем это предусматривается рекомендациями ВОЗ.

В дополнение к рекомендуемым значениям для каждого загрязнителя приведены промежуточные показатели. Эти показатели предлагаются в качестве промежуточных шагов на пути постепенного уменьшения загрязнения воздуха и предназначены для использования в тех районах, где уровень загрязнения значителен. Эти промежуточные показатели должны содействовать постепенному переходу от высоких концентраций, загрязняющих воздух веществ, оказывающих на здоровье острое и серьезное воздействие, к более низким концентрациям загрязняющих воздух веществ. При достижении этих значений можно ожидать значительного снижения риска от острых и хронических последствий для здоровья, вызываемых загрязненным воздухом. Поэтому, движение в направлении рекомендуемых показателей должно быть окончательной целью мероприятий в области управления качеством воздуха и снижения риска для здоровья по всем направлениям.

## Рекомендуемые параметры качества воздуха и их обоснование

### Твердые частицы

#### Рекомендуемые значения

<b>ТЧ<sub>2,5</sub>:</b>	<b>10 мкг/м<sup>3</sup> среднегодовое значение</b>
	<b>25 мкг/м<sup>3</sup> среднесуточное значение</b>
<b>ТЧ<sub>10</sub>:</b>	<b>20 мкг/м<sup>3</sup> среднегодовое значение</b>
	<b>50 мкг/м<sup>3</sup> среднесуточное значение</b>

#### Обоснование

Данные о содержащихся в воздухе твердых частицах (ТЧ) и их влияние на здоровье населения убедительно свидетельствуют о неблагоприятном воздействии на здоровье в тех дозах, в которых им в настоящее время подвержено городское население развитых и развивающихся стран. Последствия для здоровья ощущаются по целому ряду направлений, но касается главным образом дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Воздействию загрязнителя подвержено все население в целом, однако чувствительность к загрязнению может зависеть от состояния здоровья или возраста. Риск для здоровья, как было показано, соответствует интенсивности воздействия, и данных, позволяющих предположить, что ниже определенного уровня воздействия никаких неблагоприятных последствий для здоровья не возникает, имеется немного. По сути дела нижняя граница спектра концентраций, в пределах которого доказано неблагоприятно воздействие на здоровье, незначительно отличается от фоновой концентрации, которая для частиц менее 2,5 мкм (ТЧ<sub>2,5</sub>) в Соединенных Штатах и в Западной Европе согласно расчетам составляет 3-5 мкг/м<sup>3</sup>. Эпидемиологические данные свидетельствуют о неблагоприятном воздействии ТЧ как при краткосрочном, так и длительном воздействии.

Поскольку пороговые значения выявлены не были и учитывая тот факт, что имеется существенный разброс в степени воздействия вредного фактора и в реагировании на это воздействие маловероятно, чтобы какой-либо стандарт или рекомендуемый норматив способствовали всесторонней защите каждого отдельного лица от всех неблагоприятных воздействий твердых частиц. Скорее, необходимо стремиться к тому, чтобы установлением определенных стандартов предусматривалось обеспечение наименьших возможных концентраций в условиях местных ограничений, возможностей и приоритетов здравоохранения. При

количественной оценке риска имеется возможность сравнить различные методы противодействия и оценить остаточный риск, ассоциирующийся с каким-либо рекомендуемым нормативом. Агентство Соединенных Штатов по охране окружающей среды и Европейская Комиссия недавно использовали этот метод для того, чтобы пересмотреть стандарты содержания ТЧ в воздухе. Странам предлагается подумать о введении комплекса все более строгих нормативов, о контроле за ходом работы путем мониторинга за снижением выбросов и уменьшением концентрации твердых частиц. Чтобы содействовать этому процессу, приведенные здесь численные рекомендуемые нормативы и промежуточные показатели отражают такие концентрации, при которых согласно нынешним научным данным можно ожидать увеличения смертности, вызываемой присутствием твердых частиц в воздухе.

Показатель наличия твердых частиц также следует выбирать с особой тщательностью. В настоящее время большинство обычных систем контроля измеряют содержание ТЧ<sub>10</sub>, пренебрегая твердыми частицами других размеров. Вследствие этого в большинстве эпидемиологических исследований в качестве показателя экспозиции используется ТЧ<sub>10</sub>. ТЧ<sub>10</sub> отражает ту массу частиц, которые попадают в дыхательные пути. Они включают в себя грубые частицы (размером от 2,5 до 10 мкм) и тонкие частицы (размером менее 2,5 мкм, ТЧ<sub>2,5</sub>). Считается, что именно эти частицы вызывают последствия для здоровья, отмечаемые в городских условиях. Крупные частицы возникают в результате механических процессов, имеющих место, например, в строительстве, в результате распыления дорожной поверхности и в результате переноса частиц ветром, а более мелкие частицы появляются, главным образом, как продукт сгорания. В воздухе городов присутствуют как грубые, так и тонкие частицы, однако процентное содержание частиц этих двух видов может в значительной мере изменяться в различных городах мира в зависимости от местоположения метеорологических условий и специфики источников твердых частиц. В некоторых районах значительное загрязнение воздуха твердыми частицами может происходить в результате сжигания древесины или других видов топливной биомассы. Являющиеся продуктом сгорания твердые частицы в значительной мере относятся к категории мелких частиц (ТЧ<sub>2,5</sub>). Хотя лишь в немногих эпидемиологических исследованиях сопоставляется сравнительная токсичность продуктов сгорания ископаемых видов топлива и продуктов сгорания биомассы, их сходное воздействие обнаружено в большом числе городов в развитых и развивающихся странах. Поэтому есть основание предполагать, что ТЧ<sub>2,5</sub>, являющиеся продуктом сгорания двух вышеназванных видов топлива, имеют примерно одинаковые последствия для здоровья. Поэтому рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, также применимы в отношении качества воздуха в помещениях, в особенности в развивающихся странах, где большое число людей вдыхает воздух в значительной степени загрязненный продуктами сгорания топлива в печах и очагах.

Хотя содержание ТЧ<sub>10</sub> чаще всего фигурирует в документах и также применяется в качестве значащего показателя в большинстве эпидемиологических данных, по причинам, обсуждаемым ниже, в рекомендациях ВОЗ по твердым частицам,

использованы исследования, в которых в качестве показателя применяется  $ТЧ_{2,5}$ . Норматив по  $ТЧ_{2,5}$  пересчитывается в соответствующий норматив  $ТЧ_{10}$  путем умножения на коэффициент 0,5, являющийся частным от деления  $ТЧ_{2,5} / ТЧ_{10}$ . Частное  $ТЧ_{2,5} / ТЧ_{10}$ , составляющее 0,5, типично для городских районов развивающихся стран и находится в нижней части спектра, наблюдаемого в городских районах развитых стран (0,5-0,8). При установлении местных стандартов и при наличии соответствующих данных, можно применять другое значение этого соотношения, т.е. такое, которое лучше учитывает местные условия.

Исходя из известных данных о влиянии твердых частиц на здоровье, определяются нормативы по среднесуточной (24 часа) и среднегодовой экспозиции к загрязнению.

#### *Продолжительная экспозиция*

В качестве долговременного норматива по  $ТЧ_{2,5}$  была выбрана среднегодовая концентрация в  $10 \text{ мкг/м}^3$ . Это значение находится в нижней части диапазона, в пределах которого, согласно исследованиям Американского Противоракового Общества (ACS) загрязнение в значительной мере сказывалось на выживании (Pope et al., 2002). Установлением норматива на этом уровне в значительной степени учитываются результаты исследований, касающихся длительной экспозиции и, в которых использовались данные ACS, а также Гарвардского исследования «Шесть городов» (Dockery et al., 1993 ; Pope et al., 1995 ; HEI, 2000 ; Pope et al., 2002, Jerrett, 2005). Во всех этих исследованиях сообщалось о прочной взаимосвязи между длительной экспозицией к  $ТЧ_{2,5}$  и смертностью. Согласно усредненным данным за предшествующие периоды в исследовании о шести городах концентрация  $ТЧ_{2,5}$  составляла  $18 \text{ мкг/м}^3$  (в диапазоне от  $11,0\text{-}29,6 \text{ мкг/м}^3$ ) в исследовании шести городов и  $20 \text{ мкг/м}^3$  (в диапазоне  $9,0\text{-}33,5 \text{ мкг/м}^3$ ), в исследовании ACS. Пороговые значения ни в одном из этих исследований не указываются, а точные периоды и пути соответствующих экспозиций не установлены. В исследовании ACS статистическая неопределенность в оценке риска становится очевидной при концентрациях примерно  $13 \text{ мкг/м}^3$ , ниже которой доверительный интервал значительно расширяется, поскольку концентрации довольно сильно отклоняются от среднего значения. Судя по результатам исследования, проводимого Dockery et al. (1993 г.), факторы риска сходны в городах с наименьшими длительными концентрациями  $ТЧ_{2,5}$  (т.е.  $11$  и  $12,5 \text{ мкг/м}^3$ ). Возрастание риска отмечается в городе с ближайшим нижним средним долговременным значением  $ТЧ_{2,5}$  (т.е.  $14,9 \text{ мкг/м}^3$ ), что указывает на то, что последствия для здоровья могут отмечаться в тех случаях, когда среднегодовые концентрации находятся в пределах  $11\text{-}15 \text{ мкг/м}^3$ . Поэтому среднегодовую концентрацию  $10 \text{ мкг/м}^3$ , согласно имеющимся научным данным, можно считать, в плане наиболее вероятных последствий для здоровья, находящейся ниже среднего значения. При выборе долговременной средней концентрации  $ТЧ_{2,5}$   $10 \text{ мкг/м}^3$  также в определенной степени учитываются результаты изучения ежедневной экспозиции по временным рядам, в которых исследуется взаимосвязь между экспозицией к  $ТЧ_{2,5}$  и острыми неблагоприятными последствиями экспозиции. В этих исследованиях сообщается, что долговременные средние значения (т.е. 3-4 года) находятся в пределах  $13\text{-}18 \text{ мкг/м}^3$ . Хотя неблагоприятные последствия для

здоровья нельзя полностью исключать в тех случаях, когда загрязнение не превышает указанных уровней, среднегодовое значение качества воздуха, рекомендуемое ВОЗ, представляет такую концентрацию  $\text{TЧ}_{2,5}$ , которая, как было показано, не только достижима в крупных городских районах высокоразвитых стран, но и достижение которой так же, как ожидается, в значительной степени уменьшает риск для здоровья.

Помимо рекомендуемого значения в отношении  $\text{TЧ}_{2,5}$  определены три промежуточных показателя ПП (см. Таблицу 1). Этих показателей можно достигнуть при помощи последовательных и неустанных мер борьбы. В странах эти промежуточные показатели могут оказаться в особенности полезными для контроля за ходом работы, с течением времени, в нелегком процессе постепенного снижения воздействия ТЧ на здоровье людей.

Среднегодовое значение концентрации  $\text{TЧ}_{2,5}$  35  $\text{мкг}/\text{м}^3$  было установлено в качестве уровня ПП-1. Этот уровень соответствует наивысшей средней концентрации, о которой сообщается в исследованиях, касающихся долгосрочных последствий воздействия ТЧ и также может отражать наличие более высоких, но неизвестных концентраций, которые могли способствовать отмеченным последствиям для здоровья. Как было подтверждено, этот уровень связан со значительной смертностью в развитых странах.

Промежуточная степень защиты ПП-2 устанавливается на уровне 25  $\text{мкг}/\text{м}^3$ , что вытекает из исследований, касающихся долговременной экспозиции и смертности. Эта величина превышает величину средней концентрации, при которой воздействие на здоровье было отмечено в этих исследованиях, и весьма вероятно эта величина связана со значительными последствиями для здоровья, как от долговременной, так и ежедневной экспозиции к  $\text{TЧ}_{2,5}$ . Обеспечение этого значения ПП-2 будет способствовать уменьшению риска для здоровья в результате долговременной экспозиции примерно на 6% (доверительный интервал 95%, 2-11%) по сравнению с ПП-1. Рекомендуемый уровень ПП-3 составляет 15  $\text{мкг}/\text{м}^3$  и в еще большей степени обуславливает вероятность значительных последствий для здоровья, связанных с долговременной экспозицией. Это значение приближается к средней концентрации, о которой упоминается в исследованиях по поводу долговременной экспозиции, и обеспечивает дополнительное снижение риска смертности на 6% по сравнению с ПП-2.

В отношении  $\text{TЧ}_{10}$  также имеются соответствующие нормативы и промежуточные показатели (Таблица 1). Дело в том, что рекомендация, касающаяся только  $\text{TЧ}_{2,5}$  не обеспечит защиту против опасного воздействия грубых ТЧ (в пределах между 10 и 2,5  $\text{мкм}$ ). Однако количественно подкрепленные данные в отношении грубых ТЧ считаются недостаточными, чтобы иметь основания устанавливать отдельный норматив. В отличие от этого имеется значительная подборка литературы, касающейся последствий кратковременной экспозиции к  $\text{TЧ}_{10}$ , которая была использована в качестве основы для разработки нормативов ВОЗ по качеству воздуха и промежуточных показателей для суточных концентраций ТЧ (см. ниже).

**Таблица 1****Нормативы ВОЗ по качеству воздуха и промежуточные показатели в отношении твердых частиц: среднегодовые концентрации<sup>а</sup>**

	<b>ТЧ<sub>10</sub></b> (мкг/м <sup>3</sup> )	<b>ТЧ<sub>2,5</sub></b> (мкг/м <sup>3</sup> )	<b>Что послужило основой при установлении данного уровня</b>
Промежуточный показатель 1 (ПП-1)	70	35	Этот уровень загрязнения обуславливает риск смертности в долгосрочной перспективе, который на 15% выше, чем риск, связанный с уровнем, рекомендуемым ВОЗ.
Промежуточный показатель 2 (ПП-2)	50	25	В дополнение к другим благоприятным последствиям для здоровья эти уровни снижают риск преждевременной смертности примерно на 6% [2–11%] по сравнению с уровнем ПП-1.
Промежуточный показатель 3 (ПП-3)	30	15	В дополнение к другим благоприятным последствиям для здоровья эти уровни снижают риск преждевременной смертности примерно на 6% [2–11%] по сравнению с уровнем ПП-2.
<b>Качество воздуха, нормативное значение</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	Эти уровни являются наиболее низкими уровнями, при которых смертность от сердечно-легочных заболеваний и рака легких возростала с интервалом доверия 95% в результате длительной экспозиции к ТЧ <sub>2,5</sub> .

<sup>а</sup> Предпочитается норматив по ТЧ<sub>2,5</sub>.*Кратковременная экспозиция*

Является ли среднесуточный или среднегодовой норматив по качеству воздуха более ограничительным, зависит от страны, и это в значительной мере определяется конкретными характеристиками источников загрязнения и их местоположением. При оценке рекомендуемых ВОЗ нормативов по качеству воздуха и промежуточных показателей обычно рекомендуется отдавать предпочтение среднегодовым параметрам, а не среднесуточным, поскольку при малых уровнях эпизодические всплески вызывают меньшую озабоченность. Однако достижение среднесуточного значения обеспечит защиту против всплесков загрязнения, которые, в противном случае, привели бы к значительной избыточной заболеваемости или смертности. Рекомендуется, чтобы в странах, где не достигаются среднесуточные значения рекомендаций, предпринимались незамедлительные действия для достижения этих уровней в кратчайшие сроки.

В исследованиях, проводимых в разных городах в Европе (29 городов) и в Соединенных Штатах (20 городов), были отмечены коэффициенты смертности 0,62%, как результат кратковременного воздействия ТЧ<sub>10</sub> и 0,46% при содержании 10 мкг/м<sup>3</sup> (среднесуточная величина), соответственно (Katsouyanni et al., 2001; Samet et al., 2000). Данные мета анализа по 29 городам, расположенным за пределами Западной Европы и Северной Америки, обнаруживают смертность 0,5% при содержании 10 мкг/м<sup>3</sup> (Cohen et al., 2004), что весьма похоже на данные, имеющиеся в отношении городов Азии (0,49% при содержании 10 мкг/м<sup>3</sup>) (HEI International Oversight Committee, 2004). Результаты этих исследований позволяют предположить, что риск для здоровья, связанный с кратковременной экспозицией к

ТЧ<sub>10</sub>, аналогичен риску, имеющему место в городах развитых и развивающихся стран, и приводит к росту смертности примерно на 0,5% при каждом увеличении на 10 мкг/м<sup>3</sup> в ежедневной концентрации. Поэтому концентрация 150 мкг/м<sup>3</sup> может соответствовать примерно 5% увеличению ежедневной смертности, что не может не вызывать серьезную озабоченность и в связи с чем рекомендуются незамедлительные корректирующие меры. Уровень ПП-2, составляющий 100 мкг/м<sup>3</sup> ассоциируется с приблизительно 2,5% увеличением ежедневной смертности, а уровень ПП-3 с увеличением на 1,2% (Таблица 2). Что касается ТЧ<sub>10</sub>, то рекомендация ВОЗ в отношении среднесуточной концентрации составляет 50 мкг/м<sup>3</sup>, и она отражает взаимосвязь между распределениями среднесуточных значений (и их 99 перцентилей) и значениями среднегодовых концентраций.

**Таблица 2**

**Нормативы ВОЗ по качеству воздуха и промежуточные показатели в отношении твердых частиц: суточные концентрации<sup>a</sup>**

	ТЧ <sub>10</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	ТЧ <sub>2,5</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	Что послужило основой при установлении данного уровня
Промежуточный показатель 1 (ПП-1)	150	75	На основе опубликованных данных о коэффициентах риска по результатам многоцентровых и мета анализов увеличение смертности (примерно на 5% от кратковременной экспозиции) по отношению к нормативу.
Промежуточный показатель 2 (ПП-2)	100	50	На основе опубликованных данных о коэффициентах риска по результатам многоцентровых и мета анализов (примерно 2,5% увеличение смертности по отношению к рекомендуемому значению от кратковременной экспозиции).
Промежуточный показатель 3 (ПП-3)*	75	37.5	На основе опубликованных данных о коэффициентах риска по результатам многоцентровых и мета анализов увеличение смертности (примерно на 1,2% от кратковременной экспозиции) к нормативу.
<b>Качество воздуха, нормативное значение</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	Рассчитывается по взаимосвязи между среднесуточным и годовым уровнями ТЧ.

<sup>a</sup> 99-ая перцентиль (3 дня/год)

\* Справочное значение. Рассчитано на основе среднегодового норматива; точное значение определяется на основе местного частотного распределения ежедневных средних величин. Частотное распределение ежедневных значений ТЧ<sub>2,5</sub> или ТЧ<sub>10</sub> обычно приближается к нормальному логарифмическому распределению.

Сверхтонкие частицы (СТЧ), т.е. частицы диаметром менее 0,1 мкм, в последнее время привлекли в себе значительное внимание научных и медицинских кругов. Их содержание обычно измеряется числом, выражающим их концентрацию. Несмотря на то, что имеется значительная сумма токсикологических данных о потенциально неблагоприятном воздействии СТЧ на здоровье человека, существующие эпидемиологические данные недостаточны для того, чтобы сделать вывод о какой-либо взаимосвязи экспозиции к СТЧ с реакцией организма. Поэтому в настоящий



момент не представляется возможным рекомендовать какое-либо значение концентрации СТЧ.

## Озон

### Рекомендуемые значения

**О<sub>3</sub>: 100 мкг/м<sup>3</sup> усредненное значение за 8 часов**

### Обоснование

Со времени опубликования второго издания рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха для стран Европы (ВОЗ 2000 год), в которых норматив устанавливается для озона на уровне 120 мкг/м<sup>3</sup> в качестве усредненного за 8 часов значения, новой информации о влиянии озона на здоровье по результатам исследования воздуха в помещениях и атмосферного воздуха поступало мало. Однако существенное пополнение знаний о влиянии озона на здоровье произошло за счет эпидемиологических исследований временного ряда. В своей совокупности эти исследования указывают на позитивную незначительную, хотя и убедительную связь между ежедневной смертностью и уровнем содержания озона, которая может рассматриваться независимо от влияния твердых частиц. Похожая взаимосвязь была обнаружена как в Северной Америке, так и Европе. В недавних исследованиях временного ряда были показаны последствия для здоровья при концентрациях озона ниже ранее установленного норматива 120 мкг/м<sup>3</sup>, однако явного свидетельства о наличии порогового значения обнаружено не было. Этот результат наряду с данными по исследованию воздуха в помещениях и атмосферного воздуха, которые указывают на тот факт, что имеются значительные индивидуальные вариации в реагировании на озон, служат достаточным основанием для того, чтобы снизить рекомендуемый ВОЗ норматив для озона с нынешнего уровня 120 мкг/м<sup>3</sup> до 100 мкг/м<sup>3</sup> (ежедневное максимальное усредненное за 8 часов значение).

Вполне возможно, что у некоторых восприимчивых лиц опасные последствия для здоровья будут возникать ниже уровня, предусмотренного рекомендациями. Согласно исследованиям временного ряда прирост числа смертных случаев, предположительно обусловленных озоном, согласно примерным подсчетам составляет 1-2% по тем дням, когда усредненная за 8 часов концентрация озона достигает 100 мкг/м<sup>3</sup>, если считать за исходный уровень концентрацию озона в базовом значении 70 мкг/м<sup>3</sup> (расчетный фоновый уровень; см. Таблицу 3). Имеются определенные данные о том, что длительная экспозиция к озону может иметь хронические последствия, однако этих данных недостаточно, чтобы рекомендовать годовое значение.

Озон образуется в атмосфере в результате фотохимических реакций в присутствии солнечного света и загрязнителей предшественников, таких как оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и летучие органические соединения (ЛОС). Озон разрушается в результате реакции с NO<sub>2</sub> и продукт реакции выпадает в почву. В ряде исследований показано,

что концентрация озона находится в соответствии с концентрацией различных других токсичных фотохимических оксидантов, поступающих из аналогичных источников, в том числе пероксиацил нитратов, азотной кислоты и перекиси водорода. Меры, направленные на снижение уровня озона в тропосфере, нацелены главным образом на выбросы газов прекурсоров, кроме того, могут оказывать влияние на уровни и воздействие ряда других загрязнителей.

Фоновые концентрации тропосферного озона в полушарии изменяются в зависимости от времени и места, но могут достигать усредненных за 8 часов уровней, составляющих примерно 80 мкг/м<sup>3</sup>. Они являются результатом антропогенных и биогенных эмиссий (например, летучих органических соединений, выделяемых растениями) прекурсоров озона, а также непосредственного попадания стратосферного озона в атмосферу. Поэтому предлагаемое рекомендательное значение может иногда превышать в силу естественных причин.

По мере увеличения концентрации озона выше рекомендуемого норматива его влияния на здоровье населения проявляется все более часто и в более тяжелой форме. Подобный эффект может иметь место там, где концентрации озона являются значительными и имеют антропогенное происхождение или повышаются во время необычно жаркой погоды.

Усредненное за 8 часов значение установлено на уровне 160 мкг/м<sup>3</sup>, при котором в ходе контролируемых тестов, проводимых в помещениях, при участии здоровых молодых взрослых людей, время от времени выполняющих упражнения, отмечались измеряемые и преходящие нарушения функции легких, а также воспалительные процессы в легких. Аналогичные последствия наблюдались в ходе исследований в летних лагерях, в которых принимали участие выполняющие упражнения дети. Хотя по мнению некоторых, подобные реакции не обязательно могут оказаться неблагоприятными и что они проявлялись лишь при выполнении интенсивных упражнений, этому можно противопоставить то соображение, что имеется значительное число лиц из населения в целом, которые могут оказаться более восприимчивыми к воздействию озона, чем сравнительно молодые и в целом здоровые лица, которые приняли участие в исследовании, проводимом в закрытых помещениях. Кроме того, исследования в закрытых помещениях дают мало информации в отношении повторных экспозиций. Данные по временным рядам позволяют сделать вывод о том, что экспозиция при уровне ПП-1 обуславливает прирост вызываемых озоном смертных случаев на 3-5% (см. Таблицу 3).

При усредненной за 8 часов концентрации, превышающей 240 мкг/м<sup>3</sup>, озон может иметь существенные последствия для здоровья. Этот вывод сделан на основе результатов большого числа исследований по ингаляции озона в клинических условиях, а также исследований на открытом воздухе. Как здоровые взрослые люди, так и лица, страдающие астмой, испытывают значительные затруднения дыхания, а также воспаление дыхательных путей, характеризуемых симптомами, и нарушения функции легких. Кроме того, существует обеспокоенность по поводу

увеличения смертности, связанной с респираторными проблемами у детей. Согласно данным исследований временного ряда, экспозиция к озону в подобной концентрации обуславливает рост числа смертных случаев, вызываемых озоном, на 5-9% по сравнению со смертностью при экспозиции на расчетном фоновом уровне (см. Таблицу 3).

**Таблица 3**  
**Нормативы ВОЗ и промежуточные показатели в отношении озона: концентрация за 8 часов**

	<b>Ежедневное максимальное усредненное за 8 часов значение (мкг/м<sup>3</sup>)</b>	<b>Что послужило основой при установлении данного уровня</b>
Высокие концентрации	240	Наносит значительный ущерб здоровью; оказывает влияние на значительную долю уязвимой части населения.
Промежуточный показатель 1 (ПП-1)	160	Значительное влияние на здоровье; показатель не обеспечивает надлежащей защиты здоровья населения. Экспозиция к данному уровню содержания озона обуславливает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Физиологические и воспалительные изменения в легких у здоровых молодых людей, совершающих физические упражнения в течение 6,6 часов;</li> <li>• Отрицательное влияние на здоровье детей (по результатам различных исследований, проводимых в летних лагерях, где дети подвергались воздействию озона, находящегося в атмосферном воздухе).</li> <li>• Примерное увеличение ежедневной смертности на 3-5%<sup>a</sup> (по результатам исследований временного ряда).</li> </ul>
<b>Норматив ВОЗ по озону</b>	<b>100</b>	Обеспечивает необходимую охрану здоровья, хотя и на этом уровне могут проявляться определенные последствия. Экспозиция к данному уровню содержания озона обуславливает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Увеличение ежедневной смертности<sup>a</sup> на 1-2% (по результатам исследований временного ряда).</li> <li>• Экстраполяция данных исследований в закрытых помещениях и на открытых пространствах на основе вероятности того, что экспозиция в реальной жизни имеет повторяющийся характер и что в исследованиях, касающихся закрытых помещений, не принимаются во внимание высокочувствительные или находящиеся под клиническим наблюдением индивидуумы или дети.</li> <li>• Вероятность того, что находящийся в окружающем воздухе озон является маркером соответствующих оксидантов.</li> </ul>

<sup>a</sup> Смертные случаи, ассоциируемые с озоном. Исследования временного ряда указывают на увеличение ежедневной смертности в диапазоне 0,3-0,5% на каждые 10 мкг/м<sup>3</sup> прироста концентрации в усредненной за 8 часов концентрации выше расчетного базисного уровня 70 мкг/м<sup>3</sup>.

## Двуокись азота

### Рекомендуемые значения

<b>NO<sub>2</sub>:</b>	<b>40 мкг/м<sup>3</sup> среднегодовое значение</b>
	<b>200 мкг/м<sup>3</sup> усредненное значение для 1 часа</b>

### Обоснование

В качестве загрязнителя воздуха двуокись азота (NO<sub>2</sub>) проявляет свое действие различными путями, которые нередко бывает невозможно разграничить:

- i. Экспериментальные исследования на животных, а также с участием человека указывают на то, что NO<sub>2</sub> при кратковременном воздействии в концентрациях, превышающих 200 мкг/м<sup>3</sup> является токсичным газом, представляющим собой значительную угрозу для здоровья. Токсикологические исследования на животных также позволяют сделать вывод, что длительное воздействие NO<sub>2</sub> в концентрациях, превышающих обычные концентрации в окружающем атмосферном воздухе, оказывает отрицательное воздействие.
- ii. Во многих эпидемиологических исследованиях NO<sub>2</sub> используется в качестве маркера смеси загрязнителей появляющихся в результате сгорания, в частности, загрязнителей, присутствующих в выбросах дорожного транспорта или отопительных приборов в помещениях. В этих исследованиях всякие наблюдаемые отрицательные последствия для здоровья могли бы также быть обусловлены другими продуктами сгорания, такими как сверхтонкие частицы, окись азота (NO), твердые частицы или бензол. Хотя в нескольких исследованиях как в отношении атмосферного воздуха, так и воздуха в помещениях, делалась попытка рассматривать главным образом риск для здоровья, связанный с NO<sub>2</sub>, сопутствующее воздействие вышеназванных и тесно связанных с NO<sub>2</sub> загрязнителей также очень трудно исключить.
- iii. Большая часть атмосферного NO<sub>2</sub> возникает первоначально как NO, которое быстро окисляется озоном до NO<sub>2</sub>. В присутствии углеводородов и ультрафиолетового излучения, двуокись азота является основным источником тропосферного озона и нитратных аэрозолей, образующих значительную часть массы ТЧ<sub>2,5</sub> атмосферного воздуха.

Нынешнее значение рекомендаций ВОЗ 40 мкг/м<sup>3</sup> (среднегодовое значение) установлено имея в виду задачу охраны здоровья населения от газообразной формы NO<sub>2</sub>. Это сделано по той причине, что поскольку большинство методов борьбы с загрязнением специфичны для NO<sub>x</sub>, они не предназначены противодействовать другим сопутствующим загрязнителям и могут даже

усиливать их выброс. Однако, если контроль осуществляется за содержанием  $\text{NO}_2$  в качестве маркера для сложных смесей загрязнителей, появляющихся в результате процесса сгорания, то следует использовать более низкий среднегодовой рекомендуемый параметр (ВОЗ, 2000 г.).

#### *Длительная экспозиция*

Прочной основы для установления какого-либо среднегодового рекомендуемого норматива для  $\text{NO}_2$  по результатам какого-либо прямого токсического воздействия до сих пор нет. Однако появляются данные, которые усиливают обеспокоенность неблагоприятными последствиями для здоровья, связанными с загрязнением атмосферного воздуха загрязнителями, в состав которых входит  $\text{NO}_2$ . Например, в некоторых эпидемиологических исследованиях указывается на усиление симптомов бронхита у астматических детей, которые обусловлены среднегодовой концентрацией  $\text{NO}_2$ , а также на то, что увеличение числа детей с проблемами дыхания связано с повышенной по сравнению с обычной концентрацией  $\text{NO}_2$  в городах Северной Америки и Европы. В целом ряде недавно опубликованных исследований указывается на то, что в пространственном измерении концентрация  $\text{NO}_2$  испытывает более значительные колебания, чем концентрация других загрязнителей, порождаемых дорожным движением, например, твердых частиц. В этих исследованиях также говорится о неблагоприятном влиянии на здоровье детей, проживающих в городских районах, где отмечается высокий уровень  $\text{NO}_2$ , даже в тех случаях, когда уровень  $\text{NO}_2$  по всему городу является достаточно низким.

В недавних исследованиях воздуха в закрытых помещениях приводятся данные о наличии респираторных симптомов у детей раннего возраста в результате воздействия  $\text{NO}_2$  при концентрациях ниже  $40 \text{ мкг/м}^3$ . Подобные явления нельзя объяснить одновременно их экспозицией к ТЧ, однако предполагается, что другие компоненты, входящие в состав воздуха (например, органический углерод и пары азотной кислоты) могут частично объяснить наблюдаемый эффект.

Рассматриваемые в совокупности вышеназванные результаты исследований служат определенным основанием для понижения среднегодового рекомендуемого норматива в отношении  $\text{NO}_2$ . Однако не ясно, в какой степени неблагоприятные последствия для здоровья, отмеченные в эпидемиологических исследованиях, объясняются непосредственно  $\text{NO}_2$  или другими первичными и вторичными продуктами сгорания, с которыми  $\text{NO}_2$  обычно взаимосвязан. Поэтому можно утверждать, что в имеющейся научной литературе недостаточно данных для пересмотра существующей рекомендации ВОЗ в отношении среднегодовых концентраций  $\text{NO}_2$ . Вместе с тем по причине того, что концентрация  $\text{NO}_2$  в воздухе замеряется систематически, а концентрация других связанных с  $\text{NO}_2$  и являющихся продуктами сгорания загрязнителей не измеряется, представляется обоснованным сохранить среднегодовое предельное значение для  $\text{NO}_2$  на благоразумном уровне. Это предельное значение учитывает тот факт, что могут иметь место прямые токсические последствия хронической экспозиции к  $\text{NO}_2$  на незначительном уровне. Кроме того, сохранение среднегодового значения рекомендаций может помочь в сдерживании

воздействия сложных смесей загрязнителей, связанных с процессом сгорания (источником которых является главным образом дорожный транспорт).

#### *Кратковременная экспозиция*

В ряде экспериментальных исследований, предусматривающих кратковременное токсикологическое воздействие на человека, отмечались острые токсические последствия в результате экспозиции к  $\text{NO}_2$  в течение одного часа при концентрации, превышающей  $500 \text{ мкг/м}^3$ . Хотя самый низкий уровень экспозиции к  $\text{NO}_2$ , при котором проявляется непосредственное влияние на дыхательную функцию у астматиков, что было подтверждено более чем в одной лаборатории, составляет  $560 \text{ мкг/м}^3$ , исследование бронхиальной реакции астматиков позволяет предположить, что усиление реакции возникает при уровнях, начинающихся от  $200 \text{ мкг/м}^3$  и выше.

Поскольку существующее значение рекомендаций ВОЗ в отношении кратковременного воздействия  $\text{NO}_2$  (1 час)  $200 \text{ мкг/м}^3$  в более недавних исследованиях сомнению не подвергалось, это значение остается неизменным.

В итоге, рекомендуемое значение для  $\text{NO}_2$  остается неизменным по сравнению с существующими рекомендуемыми ВОЗ параметрами, т.е.  $40 \text{ мкг/м}^3$  для среднегодового значения и  $200 \text{ мкг/м}^3$  для усредненного за один час значения.

## Двуокись серы

### Рекомендуемые значения

<b>SO<sub>2</sub>:</b>	<b>20 мкг/м<sup>3</sup> среднесуточное значение</b> <b>500 мкг/м<sup>3</sup> значение усредненное на 10 минут</b>
------------------------	--

### Обоснование

#### *Кратковременная экспозиция*

В контролируемых исследованиях с участием выполняющих упражнения и страдающих астматическими заболеваниями лиц указывается, что у определенного числа этих лиц наблюдаются проблемы с дыханием и респираторные симптомы при экспозиции к SO<sub>2</sub> в течение непродолжительных 10-минутных периодов. Исходя из этого, рекомендуется, чтобы концентрация SO<sub>2</sub>, составляющая 500 мкг/м<sup>3</sup> в течение усредненного периода 10-минутной продолжительности не превышалась. Поскольку кратковременная экспозиция к SO<sub>2</sub> в значительной степени зависит от характера местных источников двуокиси серы и преобладающих метеорологических условий, не представляется возможным, применяя некий множитель к данному параметру, подсчитать соответствующее рекомендуемое значение для более длительных периодов времени, например, 1 час.

#### *Длительная экспозиция (более 24 часов)*

Первоначальные расчеты в отношении повседневных изменений в смертности и заболеваемости или наличии проблем дыхания, обусловленных экспозицией к SO<sub>2</sub> и среднесуточных концентрациях, неизбежно опирались на эпидемиологические исследования, в ходе которых испытуемые обычно подвергались воздействию смеси различных загрязнителей. Поскольку до 1987 года имелось недостаточно данных для вычленения характера воздействия отдельных загрязнителей на здоровье, то рекомендуемое для SO<sub>2</sub> значение было увязано с соответствующим значением для ТЧ. С помощью этого метода рекомендуемое значение для SO<sub>2</sub> было установлено на уровне 125 мкг/м<sup>3</sup> при усреднении за 24 часа, и путем применения множителя 2 к наиболее низкому уровню, при котором наблюдаются неблагоприятные последствия (ВОЗ, 1987 г.).

Во втором издании рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха в Европе (ВОЗ 2000 год) отмечалось, что в последних эпидемиологических исследованиях были продokumentированы отдельные и независимые неблагоприятные последствия для здоровья, вызываемые воздействием ТЧ и SO<sub>2</sub>, и это привело к установлениям отдельной рекомендации ВОЗ в отношении SO<sub>2</sub> на уровне 125 мкг/м<sup>3</sup> (усредненная за 24 часа величина). К последним появившимся по этому вопросу данным относится исследование, проведенное в Гонконге (Hedley et al., 2002), где в течение



весьма короткого периода времени было достигнуто значительное снижение серного содержания топливных материалов. Это проявилось в значительном снижении числа проблем со здоровьем (например, респираторные заболевания у детей и смертность по всем возрастным категориям). В недавних исследованиях временного ряда в отношении госпитализируемых по кардиологическим показаниям в Гонконге и Лондоне не приводится никаких данных в отношении какого-либо порогового уровня с точки зрения воздействия на здоровье при круглосуточной экспозиции к  $\text{SO}_2$  в концентрациях от 5 до 40  $\text{мкг/м}^3$  (Wong et al., 2002). Круглосуточное наличие  $\text{SO}_2$  на определенном уровне в значительной мере предопределяло коэффициент смертности в 12 городах Канады, где средняя концентрация составляла лишь 5  $\text{мкг/м}^3$  (наивысший средний уровень не превышал 10  $\text{мкг/м}^3$ ) (Burnett et al., 2004). В исследовании Американского Противоракового Общества (ACS) (см. Раздел твердые частицы) была отмечена значительная взаимосвязь между  $\text{SO}_2$  и смертностью, касавшихся когорты 1982-1998 годов в 126 крупных городских районах Соединенных Штатов, где средняя зарегистрированная концентрация  $\text{SO}_2$  составляла 18  $\text{мкг/м}^3$ , а наивысшая – 85  $\text{мкг/м}^3$  (Pope et al., 2002). Если в этих двух исследованиях и имело место какое-либо пороговое значение, то оно должно было быть на весьма низком уровне.

По-прежнему имеет место значительная неопределенность в отношении того, является ли  $\text{SO}_2$  именно тем загрязнителем, который оказывает отрицательное воздействие на здоровье или он играет суррогатную роль взамен сверхтонких частиц или какого-либо другого связанного с ним вещества. Как в Германии (Wichmann et al., 2000), так и в Нидерландах (Buringh, Fisher & Hoek, 2000) в течение десяти лет отмечалось значительное снижение содержания  $\text{SO}_2$ , и хотя смертность со временем также снизилась, взаимосвязь между  $\text{SO}_2$  и смертностью, по общему мнению, не являлась, в любом случае, причиной снижения смертности, а снижение смертности объяснялось сопутствующей тенденцией к снижению содержания другого загрязняющего вещества (ТЧ).

Учитывая: а) неопределенность причинной роли  $\text{SO}_2$ ; б) практические трудности в достижении уровней, которые наверняка предопределяют последствия для здоровья; и с) необходимость обеспечить большую степень защиты, чем та, которая обеспечивается при нынешней рекомендации, и предполагая, что уменьшение экспозиции к некоему причинному и связанному с  $\text{SO}_2$  достигается путем снижения концентрации  $\text{SO}_2$ , имеются основания пересмотреть рекомендацию ВОЗ по суточному содержанию  $\text{SO}_2$  на понижение, придерживаясь метода благоразумной предосторожности до уровня 20  $\text{мкг/м}^3$ .

**Таблица 4****Нормативы ВОЗ и промежуточные показатели в отношении SO<sub>2</sub>: концентрации за 24 часа и за 10 минут**

	<b>Усредненный показатель за 24 часа (мкг/м<sup>3</sup>)</b>	<b>Усредненный показатель за 10 минут (мкг/м<sup>3</sup>)</b>	<b>Что послужило основой при установлении данного уровня</b>
Промежуточный показатель – 1 (ПП-1) <sup>a</sup>	125	–	
Промежуточный показатель – 2 (ПП-2)	50	–	Промежуточный показатель определяется путем контроля эмиссий автотранспортных средств, промышленных выбросов и/или выбросов энергетических установок. Этот показатель будет разумным и достижимым для некоторых развивающихся стран (его можно достигнуть в течение нескольких лет), что приведет к значительным медико-санитарным улучшениям и, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему прогрессу (например, достижения рекомендуемого ВОЗ показателя).
<b>Рекомендуемый норматив ВОЗ</b>	<b>20</b>	<b>500</b>	

<sup>a</sup> Ранее являвшийся рекомендацией ВОЗ (ВОЗ, 2000 г.).

В годовом нормативе нет необходимости, поскольку соблюдение норматива по суточному уровню обеспечит низкие уровни за год. Рекомендуемые значения для SO<sub>2</sub> не связаны с рекомендациями в отношении ТЧ. Поскольку достижение в короткие сроки пересмотренного суточного норматива может оказаться для некоторых стран весьма затруднительным, то рекомендуется подходить к нему постепенно, используя промежуточные показатели (см. Таблицу 4). Например, страна может идти в направлении достижения нормативного требования путем единовременного контролирования выбросов из одного крупного источника, сосредоточив свое внимание либо на автотранспортных средствах, либо на промышленных источниках, либо на энергетических источниках (что позволит добиться наилучших сдвигов в отношении SO<sub>2</sub> при минимальных расходах), и стремясь обеспечить сдвиги в здравоохранении, дополнить это обследованием состояния здоровья населения и контролем уровня SO<sub>2</sub>. Достижение сдвигов в

области охраны здоровья населения послужит стимулом принятие мер в отношении следующего крупного источника загрязнения.

## Библиография

- Buringh E, Fischer P, Hoek G (2000). Is SO<sub>2</sub> a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands? *Inhalation Toxicology*, 12(Suppl.):S55–S60.
- Burnett RT et al. (2004). Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities. *Archives of Environmental Health*, 59:228–236.
- Cohen A et al. (2004). Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva, World Health Organization:1353–1434.
- Dockery DW et al. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine*, 329:1753–1759.
- Hedley AJ et al. (2002). Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet*, 360:1646–1652.
- HEI (2000). *Reanalysis of the Harvard Six-Cities study and the American Cancer Society study of particulate air pollution and mortality. A special report of the Institute's Particle Epidemiology reanalysis Project*. Cambridge, MA, Health Effects Institute.
- HEI International Oversight Committee (2004). *Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review*. Boston, MA, Health Effects Institute (Special Report No. 15).
- Jerrett M (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology*, 16:727–736.
- Katsouyanni K et al. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, 12:521–531.
- Pope CA et al. (1995). Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151:669–674.
- Pope CA et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 287:1132–1141.

Samet JM et al. (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Research Reports of the Health Effects Institute*, 94:5–70.

Wong CM et al. (2002). A tale of two cities: effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared. *Environmental Health Perspectives*, 110:67–77.

WHO (1987). *Air quality guidelines for Europe*. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987 (WHO Regional Publications, European Series No. 23).

WHO (2000). *Air quality guidelines for Europe*, 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series No. 91).

Wichmann HE et al. (2000). *Daily mortality and fine and ultrafine particles in Erfurt, Germany. Part 1: Role of particle number and particle mass*. Cambridge, MA, Health Effects Institute (Research Report No. 98).



Рекомендации ВОЗ в отношении качества воздуха предназначены служить ориентиром в деле уменьшения влияния загрязненного воздуха на здоровье. В настоящем документе представлены пересмотренные рекомендации по наиболее распространенным веществам, загрязняющим воздух, которые основаны на анализе накопленных научных данных. Эти рекомендации действительны для всех регионов ВОЗ и предназначены для того, чтобы служить информативной базой для руководителей в различных частях света, рассматривающих методы регулирования качества воздуха и устанавливающие нормы его загрязнения.