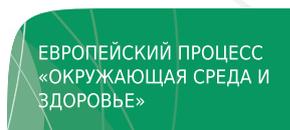




Всемирная организация
здравоохранения
Европейское региональное бюро



ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЦЕСС
«ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И
ЗДОРОВЬЕ»

Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха

Общие принципы





Всемирная организация
здравоохранения
Европейское региональное бюро



ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЦЕСС
«ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И
ЗДОРОВЬЕ»

Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха

Общие принципы

Аннотация

Методика оценки риска для здоровья от загрязнения воздуха (AP-HRA) анализирует потенциальное воздействие на здоровье мер политики, влияющих на качество воздуха в различных социально-экономических, экологических и политических условиях. Как таковая, она является важным инструментом для обоснования принятия решений государственной политики. Этот документ вводит понятие AP-HRA, описывает в общих чертах, как оцениваются риски для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха и их источники, а также дает обзор общих принципов правильного проведения AP-HRA для различных сценариев и целей. Информация предназначена для широкой аудитории читателей, которые хотят получить знания не об использовании самих инструментов оценки, а об общем понимании концепций, масштабов и принципов AP-HRA.

Ключевые слова

AIR POLLUTION - adverse effects

AIR POLLUTION - analysis

RISK ASSESSMENT - methods

ENVIRONMENTAL MONITORING

Цитирование

Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха - общие принципы. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 год.

Запросы относительно публикаций Европейского регионального бюро ВОЗ следует направлять по адресу:

Publications

WHO Regional Office for Europe

UN City

Marmorvej 51

DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark

Кроме того, запросы на документацию, информацию по вопросам здравоохранения или разрешение на цитирование или перевод документов ВОЗ можно заполнить в онлайн-режиме на сайте Регионального бюро (<http://www.euro.who.int/pubrequest>).

ISBN 978 92 890 5135 4

© Всемирная организация здравоохранения, 2016 г.

Все права защищены. Европейское региональное бюро Всемирной организации здравоохранения охотно удовлетворяет запросы о разрешении на перепечатку или перевод своих публикаций частично или полностью.

Обозначения, используемые в настоящей публикации, и приводимые в ней материалы не отражают какого бы то ни было мнения Всемирной организации здравоохранения относительно правового статуса той или иной страны, территории, города или района или их органов власти или относительно делимитации их границ. Пунктирные линии на географических картах обозначают приблизительные границы, относительно которых полное согласие может быть еще не достигнуто.

Упоминание тех или иных компаний или продуктов отдельных изготовителей не означает, что Всемирная организация здравоохранения поддерживает или рекомендует их, отдавая им предпочтение по сравнению с другими компаниями или продуктами аналогичного характера, не упомянутыми в тексте. За исключением случаев, когда имеют место ошибки и пропуски, названия патентованных продуктов выделяются начальными прописными буквами.

Всемирная организация здравоохранения приняла все разумные меры предосторожности для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее, опубликованные материалы распространяются без какой-либо явно выраженной или подразумеваемой гарантии. Ответственность за интерпретацию и использование материалов ложится на пользователей. Всемирная организация здравоохранения ни при каких обстоятельствах не несет ответственности за ущерб, связанный с использованием этих материалов. Мнения, выраженные в данной публикации авторами, редакторами или группами экспертов, необязательно отражают решения или официальную политику Всемирной организации здравоохранения или любой другой организации, упомянутой в данной публикации.

Оформление: Christophe Lanoux, Париж, Франция

Макет: Edb&Rdb di Daniela Berretta, Рим, Италия

Перевод: Виктория Францева

Авторские права на фотографии: обложка и стр. viii © Shutterstock-Robert F. Balazik; стр. 22 © Shutterstock; стр. 26 © Emilio M. Dotto; стр. 28 © Fotolia.

Выражение благодарности.....	iv
Сокращения.....	v
Резюме.....	vi
1. Введение.....	1
1.1 Цели и задачи данной публикации.....	1
1.2 История вопроса.....	1
1.3 Что такое оценка риска для здоровья?.....	3
2. Определение вопросов политики.....	5
3. Какая информация необходима для проведения AP-HRA?.....	6
3.1 Планирование оценки риска для здоровья.....	6
3.2 Оценка экспозиции популяции к загрязнителям воздуха.....	8
3.3 Оценка риска для здоровья.....	8
3.4 Количественная оценка воздействия на здоровье.....	9
4. Неопределенность в AP-HRA.....	11
5. Доступные инструменты.....	13
6. Выводы.....	17
Библиография.....	18
Приложение 1. Полезные ресурсы для проведения AP-HRA.....	21
Приложение 2. Проект “Арнеком”.....	22
Приложение 3. Глобальное бремя болезней.....	25
Приложение 4. VenMAP.....	28

Эта публикация подготовлена по итогам Совещания экспертов по методам и инструментам для оценки риска для здоровья человека от загрязнения атмосферы на местном, национальном и международном уровнях, проведенного ВОЗ 12-13 мая 2014 года в Бонне, Германия. Документ подготовлен Susan Anenberg («Environmental Health Analytics, LLC», Вашингтон, округ Колумбия, Соединенные Штаты Америки), Marie-Eve Héroux (Европейское региональное бюро ВОЗ, Бонн, Германия) и Susann Wothe (в девичестве Хеншель) (Федеральный институт охраны и медицины труда (BAuA), Дортмунд, Германия) в рамках работы Целевой группы по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека под эгидой ВОЗ и Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, в соответствии с Меморандумом о взаимопонимании между Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций и Европейским региональным бюро ВОЗ. Региональное бюро выражает благодарность Федеральному ведомству по охране окружающей среды Швейцарии, Федеральному министерству окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Германии, Министерству здравоохранения и социального обеспечения Франции и Агентству по охране окружающей среды США за предоставленную финансовую поддержку работы Целевой группы. Деятельность Целевой группы координируется Европейским центром ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья (Бонн, Германия), входящим в структуру Европейского регионального бюро ВОЗ.

Авторы выражают благодарность всем участникам Совещания экспертов за неоценимый вклад в подготовку настоящей публикации и рекомендации в отношении ряда оценок риска для здоровья. Menno Keuken (Нидерландская организация прикладных научных исследований и сертификации (TNO), Утрехт, Нидерланды) и Patrick Kinney (Колумбийский университет, Нью-Йорк, Соединенные Штаты Америки) предоставили свои замечания к проекту настоящей публикации.



ГББ	Глобальное бремя болезней
ЕК	Европейская комиссия
ЕС	Европейский союз
ОВЗ	Оценка воздействия на здоровье
ОР	Относительный риск
РПКВ	Руководящие принципы ВОЗ по качеству воздуха
СОР	Сравнительная оценка рисков
ФКЭ	Функция “концентрация–эффект”
Aphekom	Совершенствование знаний и коммуникаций для обеспечения принятия решений в отношении загрязнения воздуха и охраны здоровья в Европе (проект)
AP-HRA	Оценка рисков для здоровья от загрязнения воздуха
BenMAP	Компьютерная программа картирования и анализа экологических преимуществ
DALY	Утраченные годы здоровой жизни
EPA	Агентство по охране окружающей среды США
NO ₂	Двуокись азота
NO _x	Оксиды азота
O ₃	Озон
PM	Взвешенные твердые частицы
PM ₁₀	Взвешенные твердые частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм
PM _{2.5}	Взвешенные твердые частицы с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм
REVIHAAP	Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье (проект)
SO ₂	Двуокись серы
SO _x	Оксиды серы
TFH	Целевая группа по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека
YLD	Число утраченных лет жизни в связи с нарушениями здоровья
YLL	Число утраченных лет жизни



Эта публикация вводит понятие оценки риска для здоровья от загрязнения воздуха (AP-HRA), описывает в общих чертах, как проводится оценка рисков для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха и его источников, и дает обзор общих принципов проведения надлежащей AP-HRA для различных сценариев и целей. Документ адресован лицам, формирующим политику на национальном и международном уровнях, а также экспертам в области оценки риска для здоровья в агентствах, научно-исследовательских и инициативных группах.

В связи с тем, что публикация была подготовлена в контексте Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, акцент делается в основном на европейские и североамериканские инструменты и источники.

Основной задачей AP-HRA является анализ и информирование о воздействии загрязнения воздуха или изменений качества атмосферного воздуха на здоровье людей в различных социально-экономических, экологических и политических условиях. Во многих странах проведение AP-HRA официально требуется как часть процесса принятия решений в отношении новых программ, проектов, нормативных актов, или стратегий, потенциально влияющих на качество воздуха. В других странах, где оценки ранее ограничивались качественными характеристиками, современные научные достижения позволяют осуществлять более подробные количественные анализы рисков для здоровья от загрязнения воздуха. Таким образом, все большее число AP-HRA проводится для различных вариантов политики и географических и временных масштабов, с использованием различных методов оценки.

Для проведения AP-HRA существует ряд инструментов. Эти инструменты имеют разную трудоемкость и требуют различных уровней экспертных знаний. При выборе инструмента оценки важно сначала определить вопрос политики, на который необходимо получить ответ, и аудиторию, которую надо будет информировать о рисках. Необходимо принять во внимание технические потребности контекста оценки, такие, как соответствующие загрязнители, географический масштаб и необходимость в тех или иных данных.

Существует целый ряд онлайн-инструментов для проведения AP-HRA с диапазоном технических и эксплуатационных характеристик, включающих функции, уравнения, и, часто, наборы данных. Использование этих инструментов для проведения AP-HRA приводит к большей согласованности исследований, сопоставимости данных и гарантии обеспечения качества. При выборе AP-HRA основной целью должна быть максимальная научная точность в рамках имеющихся ресурсов.

Первый этап AP-HRA – оценка экспозиции целевых групп населения к конкретным загрязнителям воздуха. Данные мониторинга могут быть использованы для оценки воздействия загрязнения воздуха, в настоящее время или за прошедшие периоды, на группы населения, проживающие рядом с местом мониторинга. Кроме того, моделирование качества воздуха часто используется для оценки различий в экспозиции в разных социально-экономических и экологических условиях в пределах географической территории, а также для прогноза изменений такой экспозиции в будущих вариантах политики.

Второй этап AP-HRA состоит в оценке риска для здоровья, связанного с воздействием загрязненного воздуха. На этом этапе используются функции “концентрация – эффект” (ФКЭ), которые количественно определяют степень воздействия на здоровье единицы концентрации конкретного загрязнителя воздуха. Как правило, эти ФКЭ устанавливаются в эпидемиологических исследованиях. Результаты AP-HRA часто выражаются в виде показателей смертности, заболеваемости, потерянных лет жизни из-за преждевременной смертности, лет жизни, скорректированных на нетрудоспособность, а также ожидаемой продолжительности жизни, связанной с воздействием или изменением воздействия загрязнения воздуха. Эти последствия для здоровья могут быть использованы для анализа затрат и выгод от изменения политики, выраженных в денежном эквиваленте.

Важным лимитирующим фактором этого компонента AP-HRA является наличие исходных статистических данных по здоровью популяции, подвергающейся воздействию загрязнителей воздуха.

Третий этап AP-HRA – количественное выражение неопределенностей генерируемой оценки последствий для здоровья. Оно является важным и неотъемлемым компонентом результатов, поэтому важно обеспечить полноту и согласованность данных, доступность полученных результатов для понимания лицами, формирующим политику, другими сторонами, не обязательно имеющими техническое образование или знание методологии AP-HRA. Рекомендуется проведение экспертных оценок и достижение консенсуса по вопросу степени достоверности полученных результатов. Кроме того, привлечение экспертов в области информационного взаимодействия может помочь обеспечить эффективное информирование о результатах AP-HRA.





1.1 Цели и задачи данной публикации

Это издание содержит общее введение в концепцию оценки риска для здоровья от загрязнения воздуха (AP-HRA) и проведение оценки риска для здоровья от загрязнения воздуха и его источников, а также освещает общие принципы проведения AP-HRA для различных сценариев политики (WHO Regional Office for Europe, 2014). В нем представлены примеры, иллюстрирующие различные аспекты обсуждаемых тем в отношении ряда вопросов политики. Эта публикация была подготовлена в контексте Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, поэтому акцент делается

в основном на европейские и североамериканские инструменты и источники.

Для получения более подробной информации, доклад по итогам Совещания экспертов по AP-HRA вместе со всеми справочными документами можно найти на сайте (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Публикация адресована лицам, формирующим политику на местном, национальном и международном уровнях, а также пользователям информацией о рисках для здоровья в различных секторах, общественных институтах, научно-исследовательских и инициативных группах.

1.2 История вопроса

Загрязнение воздуха является одной из важнейших детерминант здоровья (WHO Regional Office for Europe, 2006). Многочисленные эпидемиологические исследования обнаружили связь между загрязнением воздуха и широким спектром неблагоприятных последствий для здоровья населения в целом; эффекты варьировались от бессимптомного незаметного воздействия до преждевременной смерти, как показано на рисунке 1 (Samet & Krewski, 2007).

Некоторые группы населения – например, пожилые люди, дети, беременные женщины и люди с фоновыми заболеваниями, такими как астма, – могут подвергаться более высокому риску развития более серьезных последствий для здоровья под воздействием загрязненного воздуха. Кроме того, некоторые группы населения могут подвергаться воздействию более высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха, например, люди, живущие вблизи оживленных транспортных магистралей, или представители определенных профессиональных или социально-экономических групп (WHO Regional Office for Europe, 2005).

Загрязнители окружающего воздуха, как правило, представляют собой сложную смесь. Следовательно, неблагоприятные последствия для здоровья, наблюдаемые при эпи-

Рисунок 1. Пирамида влияния загрязнения воздуха на здоровье



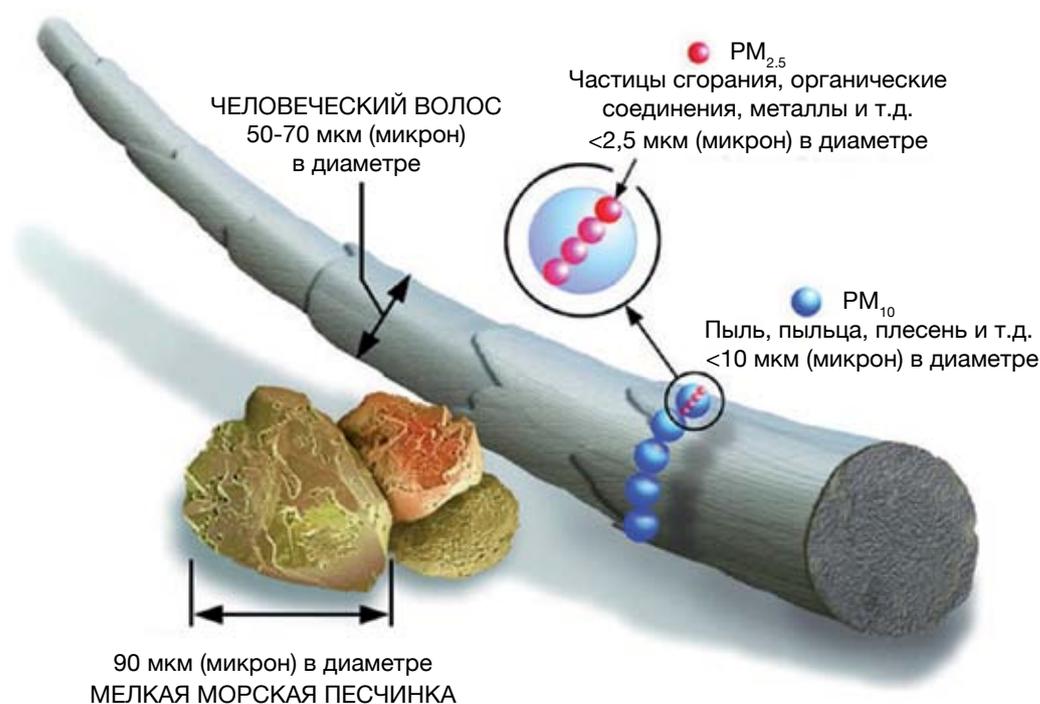
Источник: адаптировано из Samet & Krewski (2007), воспроизводится с разрешения Taylor & Francis Ltd.

демиологических исследованиях и приписываемые воздействию отдельного загрязнителя воздуха, на самом деле могут быть следствием воздействия других загрязняющих веществ в смеси. Загрязнители воздуха, часто изучаемые в этих исследованиях - твердые частицы (PM), сажа (черный углерод), озон (O_3), двуокись азота (NO_2), оксиды азота (NO_x), двуокись серы (SO_2), оксид углерода (CO), тяжелые металлы или черный дым – могут быть источниками сочетанного загрязнения воздуха, вызывая эффект суммации. Эта проблема особенно актуальна в связи с последствиями для здоровья экспозиции к PM в атмосферном воздухе. Основные источники PM – первичная эмиссия загрязняющих веществ (например, сажа из источников горения, морская соль или почва в процессах выветривания) и формирование вторичных частиц в атмосфере. PM могут характеризоваться по массовой концентрации как взвешенные частицы с диаметром менее 2,5 мкм ($PM_{2.5}$) или 10 мкм (PM_{10}), по числу частиц (ультрадисперсные), или по химическому составу (например, сажа, органические соединения и тяжелые металлы). Эпидемиологические и токсикологические данные показывают, что в массе PM ($PM_{2.5}$, PM_{10}) содержатся фракции разного вида и степени воздействия на здоровье (WHO Regional Office for Europe, 2013). Различные размеры частиц, их состав, или характе-

ристики могут соотноситься с конкретными источниками выбросов лучше, чем другие загрязнители воздуха и, следовательно, являются лучшими индикаторами загрязнения. Таким образом, PM_{10} может быть индикатором при оценке воздействия дорожной пыли, в то время как сажа ($PM_{2.5}$) является более точным индикатором выбросов выхлопных газов автомобильного транспорта (Keuken et al., 2012). Поэтому в процессе проведения AP-HRA для источников, имеющих отношение к воздействию на целевую популяцию, необходимо выбирать соответствующие загрязнители. $PM_{2.5}$ изучались путем многих эпидемиологических исследований и показали себя надежным индикатором риска, связанного с воздействием PM из различных источников в различных средах (Lim et al., 2013). На рисунке 2 схематически показан относительный размер частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в сравнении с толщиной человеческого волоса и размером мелкой морской песчинки (US EPA, 2008).

Многое уже сделано для улучшения качества воздуха и, соответственно, здоровья населения во многих частях мира, однако негативные последствия для здоровья все еще имеют место при концентрациях аэрополлютантов в воздухе ниже установленных стандартов качества воздуха. Кроме того, во многих развивающихся странах, где выбросы загряз-

Рисунок 2. Относительный размер загрязняющих частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$



Источник: US EPA 2008.

няющих веществ растут в отсутствие строгих мер политики в отношении качества воздуха, загрязнение воздуха вызывает растущее беспокойство. Эмиссии ведут к неудовлетворительному качеству воздуха, в особенности в городах. Количественные оценки воздействия загрязнения воздуха на здоровье становятся все более важными для лиц, формирующих политику, и других заинтересованных сторон в процессе принятия и реализации более эффективных местных, национальных и глобальных мер по уменьшению загрязнения воздуха.

Методика AP-HRA может содействовать это-

1.3 Что такое оценка риска для здоровья?

Опасность для здоровья может определяться как любой источник риска для здоровья или благополучия человека (Department of Health, 2006). Оценка риска для здоровья – это научная оценка потенциальных негативных последствий для здоровья в результате воздействия конкретных факторов опасности на человека. В контексте настоящей публикации под опасностью для здоровья подразумевается загрязнение воздуха.

Методика AP-HRA предназначена для оценки рисков прошлых, настоящих или будущих уровней выброса загрязняющих веществ и изменений этих уровней, возникших как результат целенаправленной политики или иного изменения качества воздуха (Department of Health, 2006; HIP, 2014). AP-HRA может быть количественной или качественной; она оценивает (i) количество присутствующего загрязнения воздуха, т.е. концентрации загрязняющих веществ, (ii) количество контактов (экспозиций) целевой популяции, и (iii), степень вредности концентраций загрязнителей для здоровья человека, то есть возникающие риски для здоровья населения, подвергающегося воздействию (WHO, 2010). Оценки, представленные AP-HRA, являются средством обоснования решений для лиц, формирующих политику, или других заинтересованных сторон.

Необходимые входные данные для AP-HRA (например, загрязнение воздуха, базовая статистика здравоохранения, функции “концентрация-эффект” в отношении загрязнителей) не всегда доступны, и многие оценки риска должны быть основаны на расчетах и суждениях в отношении отдельных входных данных или их параметров. Вследствие этого, результаты HRA, как правило, имеют связанные с ними неопределенности, которые должны быть классифицированы, насколько

му процессу, предоставляя ответы на конкретные вопросы. Во многих странах такая оценка требуется как часть процесса принятия решений для разработки новых программ, проектов, законодательных актов и стратегий по улучшению качества воздуха, которые могут оказывать косвенное воздействие на качество воздуха. Во многих других странах, AP-HRA проводятся в рамках научно-исследовательских или оценочных проектов, несмотря на то, что для этого нет законодательных требований (WHO Regional Office for Europe, 2014).

ко это возможно (WHO, 2010). Следует также отметить, что AP-HRA обычно включают только выборку воздействий на здоровье, которые могут быть определены количественно, и не касаются других воздействий на здоровье, для которых отсутствуют ФКЭ. В идеале, для охраны здоровья населения, AP-HRA должны быть как можно более инклюзивными. Однако, в большинстве случаев, вероятно, что оценка будет заниженной по сравнению с показателями реального риска.

В качестве аналитического инструмента AP-HRA может быть использована как часть комплексной оценки воздействия на здоровье политики, программ и проектов, которые затрагивают экологические условия – оценки воздействия на здоровье (ОВЗ). AP-HRA и ОВЗ – разные понятия, хотя эти два термина иногда используются как синонимы. ОВЗ может быть определена как (WHO Regional Office for Europe, 1999) “сочетание процедур, методов и средств, с помощью которых можно оценивать потенциальное воздействие политики, программы или проекта на здоровье населения, а также распределение этого воздействия в группах населения”. ОВЗ определяет соответствующие действия по управлению этими воздействиями (Quigley et al., 2006).

В то время как HRA стремится исследовать конкретные факторы опасности и их воздействия на здоровье человека, ОВЗ имеет более широкий охват. Например, при планировании строительства нового производственного участка в пределах или вблизи города, ОВЗ будет рассматривать не только конкретные риски, связанные с возможными загрязнителями воздуха, но также такие вопросы, как шум, качество почвы и загрязнение воды, потенциальное воздействие на население города, например, от притока строительных ра-

бочих, возможности трудоустройства для жителей города и возможное сочетание факторов опасности с уже существующими факторами опасности в этом районе. В центре внимания этой публикации лежит AP-HRA с уче-

том определений, представленных выше.

Обзор этапов проведения AP-HRA показан на рисунке 3.

Рисунок 3. Обзор этапов проведения AP-HRA (Quigley et al., 2006; US EPA, 2012; WHO Regional Office for Europe, 2014)



2.

Определение вопросов политики

Как отмечалось выше, основной целью исследований AP-HRA является ответ на вопросы политики о потенциальных последствиях проведения целенаправленной политики или других изменений качества воздуха для здоровья человека.

AP-HRA часто проводятся, чтобы получить ответы на следующие вопросы политики (WHO Regional Office for Europe, 2014).

1. **Каково бремя болезней, связанное с воздействием текущих уровней загрязнения воздуха?**
2. **Каковы преимущества для здоровья человека от пересмотра политики по качеству воздуха или применения более строгих стандартов качества воздуха?**
3. **Каковы последствия для здоровья человека выбросов загрязняющих веществ**

из конкретных источников или от отдельных секторов экономики, и каковы преимущества мер политики, относящихся к ним?

4. **Каковы последствия для здоровья человека существующей политики или реализуемых мер?**
5. **Каковы практические выводы, связанные с неопределенностями оценки?**

Результаты AP-HRA могут быть использованы в экономической оценке преимуществ для здоровья человека от пересмотра политики. Некоторые инструменты AP-HRA включают этот пункт. Знания, полученные в процессе проведения AP-HRA, также могут быть использованы для улучшения мер политики, например, для введения более строгих стандартов качества воздуха.



3.

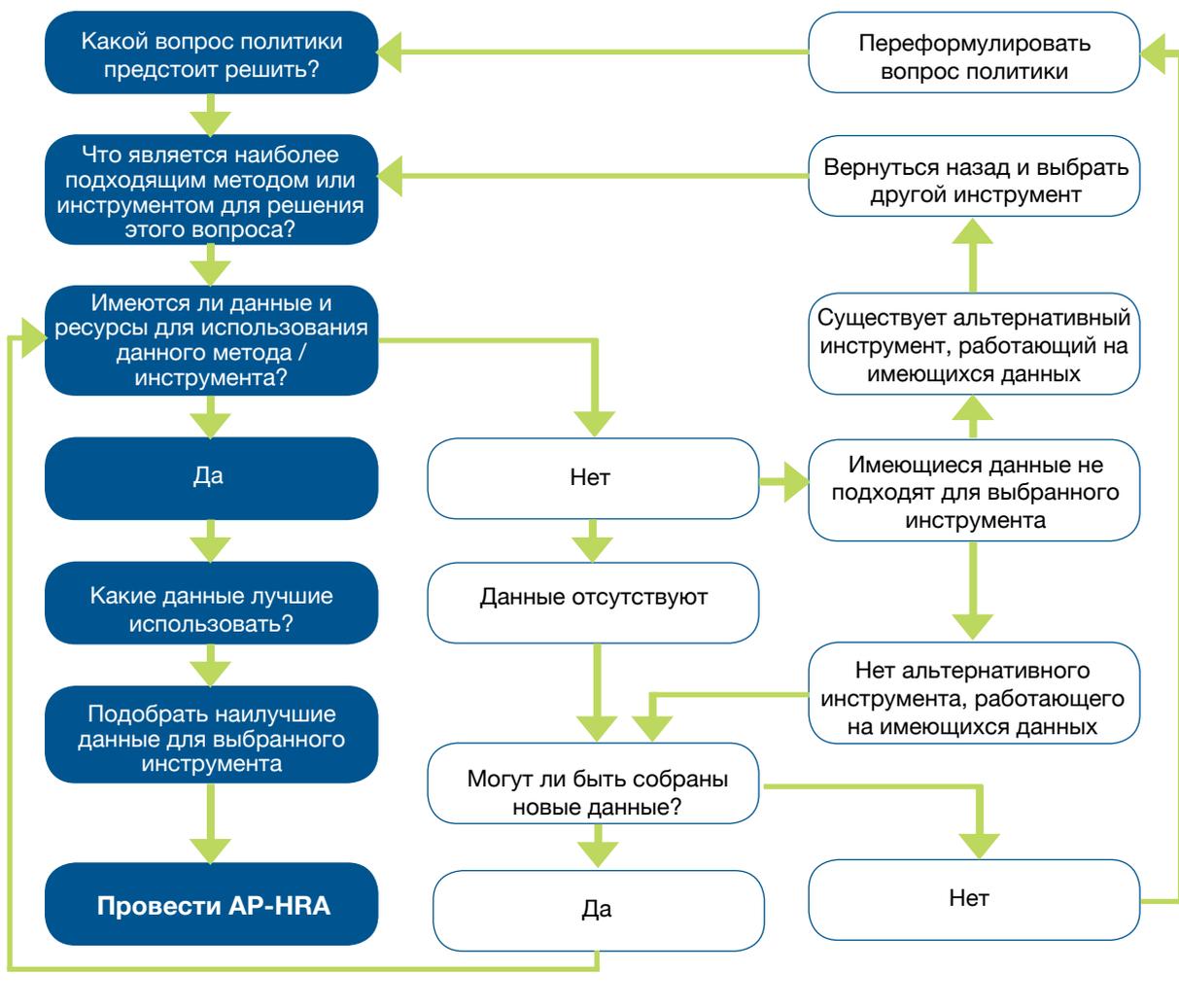
Какая информация необходима для проведения AP-HRA?

3.1 Планирование оценки риска для здоровья

На рисунке 4 схематично показано дерево принятия решений для процесса проведения AP-HRA, охватывающего определение вопроса политики, определение наличия данных и ресурсов, а также выбор соответствующих методов и инструментов. Входные данные требуются, например, по: (1) уровням загрязнения воздуха, (2) подверженной воздействию попу-

ляции, (3) воздействиям на здоровье (функции “концентрация-эффект”). Выбор метода может зависеть от наличия данных или определять требования к данным. Кроме того, различные инструменты означают различные рабочие нагрузки и требуют различных уровней экспертных знаний. Подробный обзор имеющихся инструментов представлен в разделе 5.

Рисунок 4. Дерево принятия решений, показывающее последовательность выбора и обратной связи при проведении AP-HRA



В зависимости от вопросов, на которые необходимо получить ответ, в отношении доступности данных и потребности в них, должны быть рассмотрены следующие факторы (WHO Regional Office for Europe, 2014).

1) Вопрос политики и исследуемое событие или состояние будет определять потребности в данных в соответствии со следующим:

- Кто подвергается воздействию? Например, есть ли необходимость исследования воздействия на конкретные субпопуляции в целевой популяции, такие как определенные возрастные группы (дети, пожилые люди), восприимчивые к конкретным заболеваниям, или определенные профессиональные или социально-экономические группы?
- Какое воздействие оказывает загрязнение воздуха на человека? Какие последствия для здоровья будут оцениваться AP-HRA, например, смертность, число госпитализаций, частота заболевания конкретным заболеванием или потеря рабочих дней?
- Какие ключевые показатели загрязнителей должны рассматриваться для описания экспозиции и оценки риска для здоровья конкретной популяции в конкретной ситуации? Это будет зависеть от того, связан ли вопрос политики, например, с выбросами в атмосферу из конкретных источников, с вопросами эффективности реализации конкретного законодательного акта или с качеством воздуха в целом. Если используются данные измерений качества воздуха, то какой тип экспериментальных данных необходим, например, для измерения фоновых загрязнений атмосферного воздуха в городах, выбросов от транспортных средств или выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников промышленных предприятий?
- Каково пространственное разрешение предмета оценки AP-HRA: один конкретный город, конкретные места в городе, несколько городов, регион, вся страна или еще более крупная территория?
- Каково временное разрешение предмета оценки AP-HRA: десятилетия, годы, времена года, дни; период до, период во время или период после определенного события; или сравнение исторических данных с прогнозом на будущее?

2) Выбор инструментов исследований будет определять потребности в данных для проведения оценки следующим образом:

- Данные с каким пространственным разрешением по загрязнению воздуха и какие данные по численности населения необхо-

димы для проведения AP-HRA? Потребуется ли данные переписи населения для города, определенного места в городе, конкретного региона или страны в целом?

- Какое необходимо временное разрешение данных о загрязнении воздуха: ежечасное, ежедневное или среднегодовое?
- Какое необходимо временное разрешение данных о воздействии на здоровье? Есть ли необходимость в определении, например, ежедневного числа случаев заболевания или числа госпитализаций, ежедневной смертности или ежегодной смертности?
- Доступны ли данные, необходимые для проведения AP-HRA? Существует ли база данных, которая отвечает потребностям в данных и содержит исходные данные по здоровью и численности населения?
 - Имеются ли данные измерений по загрязнению воздуха или данные компьютерного моделирования? Существуют ли инструменты для моделирования соответствующих данных экспозиции во временном и пространственном разрешении, которые позволяют описывать экспозицию популяции, подверженной воздействию? Надлежащего ли качества эти данные, были ли использованы соответствующие протоколы мониторинга и был ли проведен контроль качества?
- Существуют ли предыдущие исследования, описывающие отношения “концентрация-эффект” для исследуемых последствий для здоровья?
- Сколько людей в исследуемой популяции страдают от конкретных нарушений здоровья, вызванных загрязнением воздуха? Каковы исходные статистические данные о последствиях для здоровья, т.е. сколько наблюдаемых неблагоприятных последствий для здоровья или изменений в конкретных последствиях для здоровья могут быть отнесены на счет загрязнения воздуха или изменения качества воздуха? Имеются ли данные о контрольной зоне или контрольной популяции, которая может быть использована для сравнения?

3) Как только будут определены необходимые данные, должна быть оценена их доступность.

Если имеются все необходимые данные, можно переходить к следующему этапу. В

противном случае, должны быть либо собраны дополнительные данные, либо выбран другой инструмент, либо задан другой вопрос.

4) Собранные, скомпонованные данные о воздействии загрязнения воздуха, здоровье и численности населения затем используются для оценки последствий для здоровья, связанных с воздействием загрязнителей воздуха, в контексте ответа на конкретный вопрос политики.

Это включает в себя следующие шаги.

a. Расчет экспозиции для исследуемой популяции

b. Использование оценки экспозиции и исходных данных о последствиях для здоровья в качестве входных данных для функции, описывающей отношения “концентрация-эффект”. Это позволит оценить риск для здоровья популяции от расчетной экспозиции.

c. В качестве необязательного дополнительного шага может быть проведена экономическая оценка с целью количественного определения денежных затрат и выгод от воздействия на здоровье. Некоторые инструменты AP-HRA включают этот шаг.

3.2 Оценка экспозиции популяции к загрязнителям воздуха

Для оценки экспозиции популяции к загрязнителям воздуха обычно используются данные мониторинга из местных или национальных учреждений. Оценки воздействия на население, основанные на данных измерений загрязнения воздуха, часто лимитированы географическим и временным охватом. Кроме того, может быть трудно привести в соответствие данные из различных мест, так как измерения часто проводятся с использованием различающихся процедур и методов (WHO Regional Office for Europe, 2014). Даже методы, используемые в одном месте, могут со временем меняться. Последние достижения в сочетании спутникового дистанционного зондирования, глобального моделирования переноса загрязняющих веществ, регрессионных моделей землепользования и высокорезолюционных дисперсионных моделей для оценки ареала распространения загрязнителя на данной

территории и существующих данных наземного мониторинга, сделали информацию о ключевых показателях загрязнителей воздуха более доступной, в том числе в некоторых наиболее загрязненных регионах с недостаточным объемом данных (Brauer et al., 2012; Hoek et al., 2008; Paciorek & Liu, 2012; UNECE, 2010; van Donkelaar et al., 2010).

При оценке изменений экспозиции населения в результате гипотетического изменения выбросов или концентраций загрязняющих веществ, данные мониторинга могут быть использованы в качестве исходного уровня. Однако, моделирование качества воздуха необходимо для оценки будущих изменений концентрации загрязняющих веществ как результата реализации мер политики и использования технологических инноваций.

3.3 Оценка риска для здоровья

Риск воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения, как правило, оценивается с помощью функции “концентрация-эффект”, в основе которой обычно лежит оценка относительного риска (ОР), полученная путем эпидемиологических исследований данной популяции. Оценка ОР описывает вероятность неблагоприятных последствий для здоровья (например, преждевременной смерти, инфаркта, приступа астмы, обращения за неотложной помощью, госпитализации) в популяции с более высоким уровнем экспозиции к загрязнителям воздуха по отношению к популяции с более низким уровнем экспозиции.

Как правило, ОР выражается как пропорциональное увеличение частоты оцениваемых нарушений состояния здоровья в ответ на определенное увеличение концентрации загрязнителя, выраженное в мкг на м³ или частях на миллиард (ppb) (Katsouyanni, 2003). Важно отметить, что оценка ОР не может относиться к определенному человеку; она описывает риск в определенной популяции, а не индивидуальный риск (Australian Department of Health, 2012; McAuley & Hrudefy, 2006).

Для того, чтобы выработать полезные рекомендации для ответа на конкретный вопрос,

AP-HRA оценивает конкретный вредный эффект для здоровья или совокупность вредных эффектов для здоровья в конкретной популяции. Анализ не охватывает весь спектр возможных неблагоприятных последствий для здоровья во всех возможных группах населения.

ФКЭ, используемые в инструментах AP-HRA, как правило базируются на научных эпидемиологических данных, имеющихся для конкретного негативного эффекта на здоровье. Некоторые из них основаны на данных экспериментов, в которых люди или животные намеренно подвергаются воздействию загрязнителя (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Поэтому ФКЭ могут дорабатываться по мере того, как становятся доступными новые научные данные. Для некоторых конкретных вредных эффектов для здоровья или загрязнителей воздуха имеющиеся данные могут быть ограниченными или устаревшими и поэтому неприемлемыми для описания отношений “концентрация-эффект”. Например, вероятность появления рисков для здоровья от экспозиции к ультрадисперсным частицам в настоящее время не анализируется, так как нет надежных ФКЭ (Hoek et al., 2010). В некоторых случаях имеющиеся ФКЭ могут быть неподходящими для очень высоких и очень низких концентраций. Наконец, важно отметить, что большинство исследований проводилось в Европе и Северной Америке. Уровни загрязнения, химический состав и системы здравоохранения могут сильно отличаться в других местах, что может оказать влияние на ФКЭ.

Все эти факторы означают, что в некоторых контекстах оценки отсутствие прямых эпидемиологических данных о риске для здоровья от воздействия загрязнения воздуха является важным ограничением. В некоторых наиболее загрязненных регионах мира существует острая нехватка прямых эпидемиологических данных. В этих регионах срочно необходимы исследования, потому что частота нарушений состояния здоровья на единицу изменения загрязнения воздуха при таких высоких концентрациях может отличаться от той, которая наблюдается в странах с более низким уровнем загрязнения. Для регионов с ограниченными эпидемиологическими данными или их отсутствием для проведения AP-HRA могут использоваться данные исследований в других частях мира. Однако такие экстраполированные данные могут неточно описывать отношения “концентрация-эффект” в исследуемом регионе, что приводит к неопределенностям в результатах (см. раздел 4.1) (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Некоторые инструменты позволяют пользователю выбрать ФКЭ, применимые к конкретной оценке, тогда как в других случаях рекомендуемые ФКЭ непосредственно встроены в инструмент.

При получении и распространении результатов AP-HRA для конкретного вредного эффекта для здоровья следует иметь в виду, что отрицательный эффект от долговременной экспозиции намного больше отрицательного эффекта от кратковременной экспозиции (WHO Regional Office for Europe, 2013).

3.4 Количественная оценка воздействия на здоровье

Результаты AP-HRA часто выражаются количеством смертей или случаев заболеваемости, обусловленных загрязнением воздуха, числом утраченных лет жизни (YLL), числом утраченных лет здоровой жизни (DALY), или изменением в ожидаемой продолжительности жизни, обусловленной общей экспозицией к загрязнению воздуха или изменением экспозиции (WHO Regional Office for Europe, 2014). Эти показатели объединяют различные типы воздействия на здоровье и могут быть использованы, чтобы выделить различные аспекты состояния здоровья населения (Murray & Lopez, 2013). Важно отметить, что эти показатели определяют ожидаемые значения для всей популяции и неприменимы к отдельным представителям данной популяции.

Число смертей или случаев заболевания, обусловленных загрязнением воздуха.

Этот показатель рассчитывается как разница в количестве смертей или случаев заболевания между частотой заболевания при экспозиции к загрязнителям, измеряемой в течение определенного периода времени, и частотой заболевания при исходной экспозиции, например, разница между текущей частотой заболевания и исторической частотой заболевания, или частотой заболевания, прогнозируемой на будущее, или общим риском для здоровья (бременем заболевания) (по отношению к нулевой экспозиции или определенному предполагаемому пороговому значению) (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Число утраченных лет жизни (YLL). YLL является показателем числа лет жизни, потерянных из-за преждевременной смертности. В упрощенном виде, расчетное количество смертей, обусловленное изменением в экспозиции к загрязнению воздуха, умножается на

ожидаемую продолжительность жизни в момент смерти. В некоторых случаях применяются также социальные весовые коэффициенты (WHO, 2014). Социальные весовые коэффициенты включают весовой коэффициент нетрудоспособности (используемый в расчете YLD (см. ниже)), временное дисконтирование и возрастные веса, которые приписывают различную ценность годам здоровой жизни, прожитым в разном возрасте, чтобы отразить изменение социальных ролей и изменение уровней зависимости от возраста (Murray, 1994; WHO, 2014). Дисконтирование учитывает степень предпочтения для общества года здоровой жизни в настоящее время по сравнению с годом полноценной жизни в будущем, в то время как возрастной вес отражает тот факт, что потерянные годы здоровой жизни в одном возрасте имеют большую ценность, чем в другом (Murray & Acharya, 1997; SA Health, 2003). Примером исследования, где были применены социально-экономические весовые коэффициенты, является исследование Глобального бремени болезней (ГББ).

Число утраченных лет жизни в связи с нарушениями здоровья (YLD). YLD показывает количество лет жизни, утраченных в результате наступления нетрудоспособности. Оно определяется путем умножения количества случаев конкретного нарушения здоровья в определенный период на среднюю длительность течения нарушения до ремиссии или смерти (лет) и на весовой коэффициент нетрудоспособности, отражающий тяжесть этого нарушения здоровья по шкале от 0 (практи-

чески здоровый человек) до 1 (смерть) (WHO, 2014). В исследовании ГББ-2010 используется обновленный стандарт продолжительности жизни для расчета YLL. Расчет YLD основан на распространенности заболевания, а не на его частоте (WHO, 2014). Распространенность YLD оценивалась путем умножения количества преобладающих нарушений здоровья на весовой коэффициент нетрудоспособности.

Утраченные годы здоровой жизни (DALY). Один DALY является одним утраченным годом здоровой жизни. Сумму DALY для популяции - бремя болезней - можно рассматривать как разницу между фактическим состоянием здоровья и идеальной ситуацией, в которой все население доживает до преклонного возраста без болезней и инвалидности. DALY для конкретного заболевания или нарушения здоровья населения подсчитывается как сумма YLL и YLD (WHO, 2014; Murray & Lopez, 2013).

Эти оценки воздействий могут быть использованы для дальнейшего анализа денежных затрат и выгод в оценке пользы для здоровья. Некоторые инструменты AP-HRA включают экономическую оценку, либо она проводится как отдельный этап по окончании проведения AP-HRA. Эта оценка пользы для здоровья показывает экономическое значение изменений в состоянии здоровья населения. Если это положительное изменение, то оно считается выгодой. Если отрицательное, то затратами. В этой экономической оценке не учитываются затраты на реализацию политики.



4

Неопределенность в AP-HRA

Неопределенность оценки связана с отсутствием данных об одном или нескольких компонентах оценки (US EPA, 2011). Анализ неопределенностей является неотъемлемой частью любого научного анализа и, как правило, ограничивается компонентами, заранее установленными в качестве неопределенных (“известных неизвестных”).

Найти оптимальное соотношение между сложностью информации и используемыми инструментами, а также необходимостью получения результатов, понятных для лиц, формирующих политику, и других заинтересованных сторон, не обязательно имеющих техническое образование или знания в данной области, является сложной, но важной задачей (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Ключевые источники неопределенностей в AP-HRA перечислены ниже (WHO Regional Office for Europe, 2014).

1. Загрязнители воздуха существуют в виде сложной смеси

Несмотря на серьезные достижения в науках, базовых для AP-HRA, по-прежнему невозможно с полной уверенностью предсказать негативные воздействия загрязнения воздуха на здоровье (WHO Regional Office for Europe, 2014). Существует значительное количество научных доказательств из эпидемиологических исследований, проведенных в разных частях мира, документально подтверждающих широкий спектр неблагоприятных последствий для здоровья, связанных с загрязнением атмосферного воздуха. Однако, наблюдаемые негативные эффекты, приписываемые воздействию отдельного загрязнителя воздуха, могут на самом деле быть следствием воздействия и других загрязняющих веществ в смеси, коррелирующих с анализируемым загрязнителем (WHO Regional Office for Europe, 2013). Итоговая неопределенность в результате AP-HRA может считаться “неизвестным неизвестным” и не рассматривается в этом документе.

2. Исходное время болезней

Число смертей или случаев заболевания может быть неопределенным по целому ряду причин, в частности, когда объединяются данные из разных стран. Кроме того, неопределенности возникают, когда прогнози-

руются численность населения и уровень смертности в будущем.

3. Уровень экспозиции к загрязнениям

Так как не существует полного географического охвата наземными станциями мониторинга загрязнения воздуха, большинство оценок AP-HRA для оценки экспозиции полагаются в определенной степени на моделирование. Моделирование также необходимо для оценки будущего воздействия, основанного на прогнозируемых изменениях в загрязнении воздуха в результате новой политики или технических усовершенствований. Так как модели качества воздуха основываются на наборе допущений, то нет полной уверенности, что оценочное воздействие совпадает с фактическими концентрациями загрязнителей в окружающем воздухе в данном месте. Даже если бы существовал полный охват наземными станциями мониторинга загрязнений, все AP-HRA предполагают, что либо измерения, сделанные в определенном месте, либо модельные оценки среднего показателя экспозиции на определенной площади характерны для экспозиции целевой популяции. Даже если бы экспозиция популяции была точно оценена, отдельные экспозиции могут существенно варьировать в результате различий в концентрации загрязнителей в разных местах, а также характера активности индивидов. Для оценки рисков на индивидуальном уровне, как правило, необходим индивидуальный мониторинг.

4. Функция “концентрация–эффект”

ФКЭ устанавливаются в процессе эпидемиологических исследований, в которых предположения, сделанные в ходе анализа, неизбежно приводят к некоторой неопределенности в результатах. Кроме того, в некоторых частях мира эпидемиологические данные о загрязнении воздуха либо недостаточны, либо отсутствуют. Большинство эпидемиологических исследований проводятся в развитых странах, и диапазон изучаемых экспозиций не обязательно отражает ситуацию во всем мире.

Для многих решений в области общественного здравоохранения и политики уровень смертности, обусловленной загрязнением атмосферного воздуха, следует рассматри-

вать в контексте смертности от других факторов. Сравнительная оценка рисков (COP) – это один из видов AP-HRA, который проводит сопоставимые оценки для различных факторов риска; он требует использования единых подходов для оценки различных рисков (WHO Regional Office for Europe, 2014). В Проекте ГББ-2010, координируемом Институтом по измерению показателей здоровья и оценке состояния здоровья (ИМЕ), была проведена COP для сравнения бремени болезней, обусловленных различными факторами риска, включая загрязнение воздуха (Lim et al., 2013). В ходе Проекта были разработаны функции “интегрированная экспозиция-ответ” (ИЭО), которые сочетали фактические данные исследований загрязнения атмосферного воздуха, воздействия вторичного табачного дыма, бытового загрязнения воздуха и последствий активного курения для оценки риска от загрязнения атмосферного воздуха во всех диапазонах воздействия (Lim et al., 2013; WHO Regional Office for Europe, 2014).

5. Контрфактический уровень загрязнения воздуха

Контрфактический уровень загрязнения воздуха – это исходный или референтный уровень экспозиции, на основании которого рассчитываются воздействия на здоровье загрязненного воздуха (WHO, 2014). Этот уровень загрязнения воздуха может определяться по-разному в разных AP-HRA, в зависимости от вопроса политики, на который дается ответ. Он может определяться, например, как национальный стандарт качества воздуха, нормативное значение Руководящих принципов ВОЗ по качеству воздуха (ВОЗ-РПКВ), как естественный уровень (т.е. без антропогенного влияния) или как самый низкий уровень загрязнения воздуха, наблюдаемый в эпидемиологических исследованиях (WHO Regional Office for Europe, 2014). Неопределенности в контрфактическом уровне загрязнения воздуха могут быть обусловлены несовершенством знаний о теоретическом минимальном уровне загрязнения или о точном влиянии предыдущих изменений в политике (WHO Regional Office for Europe, 2014). Следует отметить, что выбор контрфактического уровня не является неопределенностью в том смысле, как было описано ранее.

Результаты AP-HRA чувствительны к этому выбору, но сами по себе они не делаются неопределенными им.

6. Преднамеренные упрощения модели

Практические соображения могут требовать использования упрощенных моделей, что может приводить к увеличению неопределенности (WHO, 2005).

Важно, чтобы различные источники неопределенностей были установлены и описаны как можно более подробно, чтобы иметь представление о точности оценок. Неопределенности возникают главным образом из текущей интерпретации ФКЭ и оценок экспозиции. Кроме того, могут существовать компоненты неопределенностей, которые пока не учитываются. Несмотря на это, AP-HRA может дать полезные и применимые результаты. Таким образом, в то время как важно разъяснять неопределенности, общая смысловая нагрузка исследования должна быть сбалансирована таким образом, чтобы гарантировать, что лица, принимающие решения, воспримут результаты AP-HRA серьезно. Многочисленные источники неопределенностей могут быть количественно оценены по методу Монте-Карло или при помощи вероятностного моделирования, как это было сделано в исследовании ГББ-2010 (Lim et al., 2013).

Степень доверия к результатам оценки AP-HRA

Результаты анализа неопределенностей, как правило, представляются в виде диапазонов, причем основное внимание уделяется доверительным интервалам вокруг среднего (WHO Regional Office for Europe, 2014). Обычно для определения точности результатов оценки используются доверительные интервалы с вероятностью 95%. Этот интервал представляет собой диапазон значений, где с вероятностью 95% находится истинное среднее (Scott, 2008; US EPA, 2015).

Например, как указано в Приложении 3, неопределенность в оценках в Исследовании ГББ-2010 (Lim et al., 2013), была представлена в виде числовых диапазонов, т.е. доверительных интервалов вокруг среднего.



5.

Доступные инструменты

В настоящее время доступны компьютеризированные инструменты, позволяющие автоматизировать процесс проведения AP-HRA. Эти инструменты предлагают ряд преимуществ для специалиста и для конечного пользователя, в том числе простоту в использовании (снижение барьеров для проведения оценок), согласованность, сопоставимость оценок и обеспечение контроля качества. Большинство инструментов используют аналогичные подходы, опираясь на полученные путем эпидемиологических исследований функции “концентрация-эффект” и оценки экспозиции на популяционном уровне для вычисления доли конкретных последствий для здоровья, обусловленных изменением качества воздуха. Автоматизированные инструменты, как правило, содержат предварительно загруженные данные по во-

просам здоровья, демографические данные и функции “концентрация-эффект”, причем некоторые из них предусматривают возможности ввода данных, определенных пользователем. Однако, инструменты различаются по многим аспектам, и специалистам необходимо выбрать тот, который наиболее близко соответствует контексту оценки.

В рамках подготовки Совещания экспертов ВОЗ в мае 2014 года был проведен обзор инструментов оценки риска для здоровья с целью определения их технических и эксплуатационных характеристик. Была собрана информация по 12 инструментам оценки риска для здоровья от загрязнения воздуха (таблица 1).

Подробные характеристики инструментов можно найти в сети Интернет (WHO Regional

Таблица 1. Инструменты оценки последствий для здоровья от загрязнения воздуха

Инструмент	Разработчик	Географический охват	Вредные эффекты для здоровья ¹
AirCounts	Abt Associates	Глобальный (42 города, еще 3000 в стадии разработки)	Смертность
AirQ2.2 (обновление в стадии разработки)	Всемирная организация здравоохранения	Любая популяция с заданными размером, уровнем смертности и заболеваемости	Смертность и заболеваемость
Aphekom	Французский институт эпидемиологического надзора за здоровьем населения	Глобальный (настоящая версия акцентирует свое внимание на Европе)	Смертность и заболеваемость
EVA – экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха	Орхусский университет	Северное полушарие, континент (например, Европа), национальный, город	Смертность и заболеваемость
EcoSense	Университет Штутгарта	Европа	Смертность и заболеваемость
BenMAP-CE – программа анализа и отбраковки экологических выгод (для сообществ)	Агентство по охране окружающей среды США	Континентальные США и Китай предварительно определены; другие по определению пользователя	Смертность и заболеваемость
EBD – Инструмент оценки экологического бремени болезней для загрязнений атмосферного воздуха	Всемирная организация здравоохранения	Глобальный	Смертность и заболеваемость
GMAPS ²	Всемирный банк	Глобальный	Смертность и заболеваемость
IOMLIFET	Институт медицины труда	Может быть использован везде, где имеются данные по фоновой смертности и измеряемых или прогнозируемых концентрациях загрязняющих веществ	Смертность и заболеваемость
Rapid Co-benefits Calculator	Агентство по охране окружающей среды США, Стокгольмский институт окружающей среды	В стадии разработки для всех стран мира	Смертность
SIM-Air	“Urban emissions”	Азия, Африка, Латинская Америка	Смертность
TM5-FASST	Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии	Глобальный (56 регионов-источников)	Смертность и заболеваемость

¹ Заболеваемость может включать в себя, например, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания органов дыхания, госпитализации, обращение за неотложной помощью, число дней ограниченной активности, и число пропущенных рабочих дней. Не все инструменты рассматривают все виды заболеваний.

² Сама модель больше не поддерживается и поэтому больше не доступна для скачивания.

Office for Europe, 2014), в Приложении имеются примеры. Большинство этих инструментов доступны бесплатно.

Первый фактор, который часто необходимо учитывать, это географический или пространственный охват инструмента, или широта охвата, в соответствии с его текущей конфигурацией. Географический охват отличается от пространственного разрешения, являющегося степенью детализации инструмента. Например, инструмент глобального охвата может иметь национальное разрешение, отображающее всю страну, городское разрешение, или разрешение с привязкой к сетке координат.

Характеристики имеющихся инструментов также должны приниматься во внимание и сопоставляться с потребностями контекста оценки с целью выбора инструмента, наиболее подходящего для решения вопроса политики. Ключевые технические характеристики инструментов перечислены ниже.

- **Рассматриваемые загрязнители.** Большинство инструментов предварительно сконфигурированы для оценки воздействия РМ ($PM_{2.5}$ и PM_{10}) и озона. Некоторые также включают оксиды азота (NO_x), оксиды серы (SO_x), оксид углерода, тяжелые металлы или черный дым.
- **Количественный анализ последствий для здоровья.** Все инструменты оценивают связь загрязнения воздуха с уровнем преждевременной смертности в плане избыточной смертности или общего числа избежавших смерти. Многие инструменты могут также проводить количественную оценку числа утраченных лет жизни, числа лет жизни, скорректированных по нетрудоспособности (число утраченных лет здоровой жизни) и случаев заболевания (например, хроническая обструктивная болезнь легких).
- **Разрешение.** Некоторые инструменты задают значения качества воздуха для каждой ячейки сетки координат, которая разбивает географическую территорию на участки (либо одинаковой, либо изменяющейся формы). Экспозиция популяции и последствия для здоровья количественно определяются для каждой ячейки отдельно. Другие инструменты задают данные по качеству воздуха для территорий в пределах геополитических границ, таких как страны, провинции и города. В идеале, пространственное разрешение инструмента должно соответствовать пространственному разрешению контекста оценки (например, инструмент с разрешающей способностью на уровне города или более высокой разрешающей способностью должен использоваться для оценки последствий загрязнения воздуха в городах).

• **Характеристика вредного воздействия.**

Большинство инструментов полагаются на моделирование качества воздуха для оценки воздействия, хотя некоторые из них также могут использовать результаты измерений станций мониторинга качества воздуха. Некоторые из этих инструментов содержат полный набор методов моделирования качества воздуха, включая комплексный химический состав атмосферы и загрязнения, вызванные автотранспортом, и имитируют влияние контроля выбросов на уровень загрязнения воздуха. Когда моделирование качества воздуха недоступно, инструменты в упрощенной форме могут генерировать широкомасштабные оценки воздействия загрязнения воздуха, используя встроенные характеристики загрязняющих веществ и показатели воздействия (часто концентрации), полученные из внешних источников моделирования качества воздуха. Необходимо обеспечить наибольшую степень соответствия пространственного разрешения контекста оценки, модели качества воздуха и эпидемиологических данных, используемых в функции воздействия на здоровье.

- **Источники данных.** Оценки воздействия на здоровье, как правило, используют данные о численности и характеристиках населения (например, распределение по возрасту), об исходном уровне смертности и заболеваемости (обычно получаемые из статистических данных стран), и функции “концентрация-эффект” (обычно получаемые при проведении эпидемиологических исследований). Некоторые инструменты являются достаточно гибкими и позволяют пользователям вводить данные из любого источника. Другие предварительно настроены на использование данных из конкретных источников, и пользователи должны решить, соответствует ли этот набор данных контексту оценки.

Доступные инструменты также имеют ряд эксплуатационных характеристик, поэтому их возможности и ограничения, включая необходимые ресурсы и экспертный потенциал, должны приниматься во внимание. Ключевые эксплуатационные характеристики перечислены ниже.

- **Формат.** Некоторые инструменты являются клиентским программным обеспечением, которое скачивается и устанавливается пользователем. Эти инструменты включают в себя обширные наборы данных функций воздействия на здоровье, популяционные данные о здоровье, которые могут изменяться. Эти инструменты, как правило, являются сложными инструментами, и пользователям необходимо инвестировать время и ресурсы, чтобы научиться ими поль-

зоваться. Другие инструменты работают на внешнем программном обеспечении, рассчитанном на общее применение (например, Microsoft Excel), которое, как правило, доступно для большинства пользователей, но которое, возможно, потребуется приобрести. Поскольку многие специалисты знакомы с программным обеспечением Microsoft Office, дополнительное обучение может не требоваться. Несколько инструментов имеют веб-интерфейс, что позволяет пользователям создавать оценки воздействия на здоровье от загрязнения воздуха без загрузки или установки программы. Веб-инструменты могут быть наиболее доступными для технически неподготовленных пользователей, в частности, в странах, не имеющих достаточных ресурсов для проведения полномасштабной, подробной и детализированной оценки воздействия на здоровье. Некоторые инструменты предлагают вводные руководства и обучающие семинары в режиме онлайн (например, BenMAP-CE, IOMLIFET, SIM-Air).

- **Сложность.** Описанные инструменты различаются по технической сложности и доступности. Пользователям придется привести в соответствие собственные умения работать с технически сложной программой и уровень конкретики, необходимый для данного контекста политики.
- **Экспертная оценка и использование в контексте выработки политики.** Специалисты должны определить, направлялся ли инструмент на экспертную оценку, в какой степени он использовался как инструмент для обоснования политики, и является ли он общедоступным (с открытым исходным кодом) или проприетарным. Некоторые инструменты были подвергнуты экспертной оценке и широко используются для обеспечения выполнения национальных руководств по качеству воздуха (например, Национальные стандарты качества атмосферного воздуха США (EPA)). Значительное преимущество инструментов с открытым исходным кодом состоит в том, что они полностью прозрачны, что позволяет специалистам оценить лежащие в их основе алгоритмы и наборы данных, используемые для расчета последствий для здоровья (Anenberg et al., 2015).
- **Техническая поддержка.** Специалисты должны решить, будет ли инструмент использоваться как «живой» инструмент, с периодическими обновлениями наборов данных и методов, или как фиксированный инструмент. Входные данные, необходимые для оценки воздействия на здоровье загрязнения воздуха должны периодически обновляться, чтобы учитывать научные достижения.

В таблице 2 рассмотренные инструменты для проведения AP-HRA распределяются на две основные категории с учетом: (1) необходимости ввода данных пользователем для характеристики экспозиции (выбросы загрязняющих веществ или уровни концентрации); (2) пространственного разрешения (например, региональный (более одной страны), национальный или городской уровень). Третий аспект, который часто необходимо принимать во внимание, – это перечень загрязнителей, рассматриваемых инструментом. Таким образом, используя таблицу 2, можно легко выбрать тот из имеющихся инструментов, который оптимально подходит к контексту данной оценки. Далее специалистам необходимо будет убедиться, что остальные технические и эксплуатационные характеристики инструмента соответствуют их потребностям и возможностям.

Использование таблицы 2 можно продемонстрировать на нескольких вымышленных примерах.

1. Международная организация развития заинтересована в оценке преимуществ для здоровья от сокращения $PM_{2.5}$, связанного с усовершенствованием систем общественного транспорта в городах. У нее имеются прогнозы сокращений выбросов, но нет ресурсов для моделирования результатов изменения концентрации $PM_{2.5}$. Таблица 2 указывает на инструменты, которые (а) позволяют вводить данные расчетов выбросов, (б) имеют разрешение на уровне города, и (с) позволяют проводить количественную оценку воздействия на здоровье $PM_{2.5}$: AirCounts, SIM-Air, Aphemom и EcoSense.
2. Специалист, работающий в министерстве охраны окружающей среды в развитой стране, хочет провести оценку национальных преимуществ для здоровья от регуляции эмиссий электростанции, которая, как ожидается, сократит концентрации $PM_{2.5}$ и озона. Он имеет ресурсы для оценки выбросов и моделирования изменений концентрации. Таблица 2 показывает, что он может использовать любой из инструментов, который позволяет вводить данные о концентрациях, за исключением EBD, который не рассматривает озон: BenMAP-CE, AirQ2.2, IOMLIFET, и EVA.
3. Специалист, работающий в министерстве охраны окружающей среды в развивающейся стране, хочет провести оценку преимуществ для здоровья на национальном уровне от снижения $PM_{2.5}$, связанного с принятием новых стандартов для выбросов дизельных автомобилей, но не имеет ресурсов для моделирования качества воздуха. Специалист может использовать ин-

Таблица 2. Классификация доступных инструментов по необходимости ввода данных пользователем для характеристики экспозиции, пространственному разрешению и исследуемым загрязняющим веществам

Необходимость ввода данных пользователем для характеристики воздействия ¹	Выбросы									Концентрации
	Региональное			Национальное			Город			Любая
	PM _{2.5}	Озон	Другие	PM _{2.5}	Озон	Другие	PM _{2.5}	Озон	Другие	
AirCounts	SIM-Air	-	SIM-Air (PM ₁₀)	Co-benefits Calculator	Co-benefits Calculator	TM5-FASST	AirCounts™	Aphekom	SIM-Air (PM ₁₀)	BenMAP-CE
				TM5-FASST	TM5-FASST	EcoSense	SIM-Air	EcoSense	EcoSense	AirQ2.2
				EcoSense	EcoSense	тяжелые металлы, диоксины, радионуклеотиды)	Aphekom		тяжелые металлы, диоксины, радионуклеотиды)	IOMLIFET
							EcoSense			EVA
										EBD (без озона)

¹ Инструменты, которые используют наборы данных о выбросах, часто считаются «упрощенными формами» инструментов, так как они могут генерировать широкомасштабные оценки воздействия загрязнения воздуха, используя только встроенные в программу характеристики загрязняющих веществ и показатели воздействия (часто концентрации), полученные из внешних источников моделирования качества воздуха. Инструменты, в которых используются значения концентраций, требуют, чтобы специалисты в области оценки генерировали наборы данных по концентрациям за пределами программы (либо путем мониторинга воздуха, либо путем моделирования качества воздуха). Один инструмент, который позволяет вводить экономические и климатические показатели из эконометрической модели упрощенной формы, GMAPS, не включен в эту таблицу.

струмент, который позволяет вводить данные по выбросам, имеет разрешение национального уровня и позволяет проводить количественную оценку воздействия на здоровье PM_{2.5}: Co-benefits Calculator, TM5-FASST или EcoSense.

Разнообразие инструментов AP-HRA облегчило специалистам работу по поиску ответов на вопросы политики путем проведения различных видов оценки последовательным и надежным способом. В то время как специалисты должны стремиться использовать наиболее технически обоснованные методы для проведения оценок (например, с помощью моделирования качества воздуха для имитации изменений концентраций загрязняющих веществ, связанных с определенным сокращением выбросов), техническое усовершенствование часто идет в ущерб доступности (так как моделирование качества воздуха является делом технически сложным и ресурсоемким). В неко-

торых случаях применения «упрощенной формы» инструмента, использующей данные о выбросах для прогнозирования воздействия на здоровье, может быть достаточно. Упрощенные формы инструментов используют встроенные параметры, исключая необходимость осуществления дорогостоящего и ресурсоемкого моделирования переноса химических веществ. Например, упрощенная форма инструмента будет полезной в оценке преимуществ для здоровья от различных подходов к сокращению выбросов в странах, где региональное моделирование качества воздуха недоступно. Даже там, где существуют высококачественные данные, сокращенные версии инструментов могут использоваться для скрининга большого количества сценариев, чтобы определить, какие из них должны подвергаться более детальной оценке. В целом, аналитики должны использовать инструменты AP-HRA, которые обеспечивают максимальную степень технической строгости в рамках имеющихся ресурсов.



6

Выводы

Характеристика рисков для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха имеет решающее значение для разработки эффективных мер политики и стратегий по управлению рисками (Samet & Krewski, 2007). AP-HRA может провести количественный анализ воздействия на здоровье загрязнения воздуха или изменений в загрязнении воздуха в результате различных социально-экономических, экологических, или политических причин. Во многих странах AP-HRA формально требуется в рамках процесса принятия решений для реализации новых программ, проектов, законодательных норм и политики, которые могут повлиять на качество воздуха. Поэтому лицам, формирующим политику, важно понимать, почему AP-HRA является руководством к действию, какие ресурсы и институты необходимы для проведения AP-HRA, и какие имеются ограничения. Специалистам, проводящим AP-HRA, необходимо понимать, как это делается, знать, какие данные для проведения оценки доступны и какие необходимо получить, из каких источников, а также каким образом информировать заинтересованные стороны о результатах.

На сегодняшний день имеется ряд инструментов для проведения AP-HRA. При выборе оптимального инструмента для контекста оценки важно прежде всего определить вопрос политики, на который нужно получить ответ, и целевую аудиторию, которую необходимо информировать о результатах. Далее должны быть определены технические потребности контекста оценки, например, соответствующие загрязнители и географический масштаб, что по-

зволит выбрать наиболее подходящий инструмент оценки.

Зачастую проще использовать уже имеющийся автоматизированный инструмент, чем разрабатывать новую модель для каждой отдельной оценки. Такой подход улучшает систематичность и сопоставимость оценок, обеспечивает контроль качества. Доступные инструменты обладают рядом технических характеристик (например, географический охват, пространственное разрешение, исследуемые загрязнители, количественная оценка последствий для здоровья, методы классификации воздействий) и эксплуатационных характеристик (формат инструмента, его сложность, проведение экспертной оценки). Пользователю необходимо выбрать инструмент, наиболее близко соответствующий характеристикам контекста оценки. В общем, пользователю следует выбирать тот инструмент AP-HRA, который обеспечивает максимальную степень технической точности в рамках имеющихся ресурсов. Результаты AP-HRA должны быть представлены вместе с доверительными интервалами, которые учитывают различные возможные источники неопределенностей во входных параметрах. Может быть сложно представить эффективным способом результаты оценки AP-HRA и связанные с ними неопределенности лицам, формирующим политику. Для обеспечения более эффективного и доступного понимания результатов AP-HRA политиками и другими заинтересованными сторонами, техническим экспертам может потребоваться помощь экспертов в области информационного взаимодействия.



Библиография

- Anenberg SC (2015) Survey of ambient air pollution health risk assessment tools. *Risk Analysis (in press)*.
- Aphekom (2011) *Summary report of the Aphekom project 2008–2011* (http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=5532fafa-921f-4ab1-9ed9-c0148f7da36a&groupId=10347).
- Australian Department of Health (2012) *Environmental health risk assessment. Guidelines for assessing human health risks from environmental hazards* [online]. Canberra, Australian Government Department of Health.
- Brauer M et al. (2012) Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environmental Science and Technology*, 46: 652–660.
- Burnett RT et al. (2014) An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environ Health Perspect*, 122: 397–403.
- Chanel O et al. (2014) Economic valuation of the mortality benefits of a regulation on SO₂ in 20 European cities. *The European Journal of Public Health*, 24(4):631–637.
- Department of Health (2006) *Health risk assessment in Western Australia*. Perth, Government of Western Australia (http://www.public.health.wa.gov.au/cproot/1499/2/Health_Risk_Assessment.pdf).
- Fann N, Risley D (2013) The public health context for PM_{2.5} and ozone air quality trends. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6: 1–11 (<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11869-010-0125-0>).
- Forouzanfar MH et al. (2015) Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* ([http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00128-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00128-2)).
- Health Effects Institute (2010) *Outdoor air pollution and health in the developing countries of Asia: a comprehensive review. Special report 18*. Boston, Health Effects Institute (<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=602>).
- HIP (2014) *Frequently asked questions about integrating health impact assessment into environmental impact assessment* [online]. Human Impact Partners (<http://www.epa.gov/region9/nepa/PortsHIA/pdfs/FAQIntegratingHIA-EIA.pdf>).
- Hoek G et al. (2008) A review of land-use regression models to assess spatial variation of outdoor air pollution. *Atmospheric Environment*, 42: 7561–7578.
- Hoek G et al. (2010) Concentration response functions for ultrafine particles and all-cause mortality and hospital admissions: results of a European expert panel elicitation. *Environmental Science and Technology*, 44: 476–482.
- Katsouyanni K (2003) Ambient air pollution and health. *British Medical Bulletin*, 68: 143–156 (<http://bmb.oxfordjournals.org/content/68/1/143.full.pdf>).
- Keuken MP et al. (2012) Elemental carbon as an indicator for evaluating the impact of traffic measures on air quality and health. *Atmospheric environment*, 61: 1–8.
- Krewski D et al. (2009) Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Res Rep Health Eff Inst*, Report 140: 5–114; discussion 115–36.
- Le Tertre A et al. (2014) Impact of legislative changes to reduce the sulphur content in fuels in Europe on daily mortality in 20 European cities: an analysis of data from the Aphekom project. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 7: 83–91.
- Lim SS et al. (2013) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380: 2224–2260.

- McAuley C, Hrudehy SE. (2006) Towards meaningful stakeholder comprehension of sour gas facility risk assessments. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 5: 1–11 (<http://dx.doi.org/10.1139/s05-012>).
- Medina S et al. (2013) Quantifying the health impacts of outdoor air pollution: useful estimations for public health action. *J Epidemiol Community Health*, 67: 480–3.
- Murray CJ (1994) Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bulletin of the World Health Organization*, 72: 429–445 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2486718/pdf/bullwho00414-0105.pdf>).
- Murray CJ, Acharya AK (1997) Understanding DALYs (disability-adjusted life years). *J Health Econ*, 16: 703–30.
- Murray CJL, Lopez AD (2013) Measuring the global burden of disease. *New England Journal of Medicine*, 369: 448–457 (<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1201534>).
- Paciorek CJ, Liu Y (2012). *Assessment and statistical modeling of the relationship between remotely sensed aerosol optical depth and $PM_{2.5}$ in the eastern United States*. Research report 167. Health Effects Institute (<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=718>).
- Pascal M (2013) Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the Apekom project. *Science of the Total Environment*, 449: 390–400.
- Quigley R et al. (2006) *Health impact assessment international best practice principles* [online]. Fargo, USA; International Association for Impact Assessment (<http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/SP5.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1>).
- SA Health (2003) *The South Australian Burden of Disease study: background and discussion papers. Discounting and age-weighting* [online]. Adelaide; Government of South Australia (<http://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/1d94008048002172bd3bfd7675638bd8/Discounting+and+Age+Weighting-PIGR-SABoD-20110808.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1d94008048002172bd3bfd7675638bd8&CACHE=NONE>).
- Samet J, Krewski D (2007) Health effects associated with exposure to ambient air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 70, 227–242 (<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15287390600884644>).
- Scott I (2008) Interpreting risks and ratios in therapy trials. *Australian Prescriber*, 31: 12–16.
- US EPA (2008) *Particulate matter (PM). Basic information* [online]. US Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/pm/basic.html>; accessed 26 April 2015).
- US EPA (2011) *Exposure factors handbook: 2011 edition*. Washington, DC; National Center for Environmental Assessment (<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=20563>).
- US EPA (2014) *Environmental Benefits Mapping and Analysis Program. Community edition (v1.08)*. Research Triangle Park, NC (<http://www.epa.gov/air/benmap>).
- US EPA (2015) *Technology Transfer Network Air Toxics. 2005 National-Scale Air Toxics Assessment. Glossary of key terms* [online]. United States Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/airtoxics/natamain/gloss1.html>; accessed 8 January 2015).
- US EPA (2012) *Human health risk assessment* [online]. United States Environmental Protection Agency (<http://epa.gov/riskassessment/health-risk.htm>).
- UNECE (2010). *Hemispheric transport of air pollution 2010. Part A: Ozone and particulate matter. Air Pollution Studies No. 17*. New York and Geneva, United Nations Economic Commission for Europe (<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/11-22134-Part-A.pdf>).
- van Donkelaar A et al. (2010) Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. *Environmental health perspectives*, 118, 847.
- WHO (2005). *Workshop on guiding public health policy in areas of scientific uncertainty – Workshop report, July 11–13, 2005*. Ottawa, Canada; McLaughlin Centre for Population Health Risk Assessment, Institute of Population Health, University of Ottawa in partnership with the World Health Organization (http://www.who.int/peh-emf/meetings/WHO_Final_workshop_report.pdf?ua=1).

WHO (2010) *WHO human health risk assessment toolkit: chemical hazards. IPCS harmonization project document; no.8*. Geneva; World Health Organization (<http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/toolkit.pdf?ua=1>).

WHO (2014a) *Health statistics and information systems. Metrics: disability-adjusted life year (DALY)* [online]. Geneva; World Health Organization (http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/).

WHO (2014b) Burden of disease from ambient air pollution for 2012. Geneva; World Health Organization (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf).

WHO (2014c) WHO news release. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Geneva (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>).

WHO Regional Office for Europe (1999) *Health impact assessment: main concepts and suggested approach* [online]. Brussels, European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe (<http://www.euro.who.int/document/PAE/Gothenburgpaper.pdf>).

WHO Regional Office for Europe (2005). *Health effects of transport-related air pollution*. Copenhagen (<http://books.google.ie/books?id=txw26P7Lb1oC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>).

WHO Regional Office for Europe (2006) *Air quality guidelines for particular matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005*. Copenhagen (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).

WHO Regional Office for Europe (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution (REVIHAAP). Technical report*. Copenhagen (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>).

WHO Regional Office for Europe (2014) *WHO Expert Meeting. Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level*. Copenhagen (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf?ua=1).



Приложение 1. Полезные ресурсы для проведения АР-НРА

AirCounts. <http://www.aircounts.com/>.

AirQ2.2. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/tools-for-health-impact-assessment-of-air-quality-the-airq-2.2-software>.

Aphekom. <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>.

Co-benefits Calculator. Контактные лица: Neal Fann (Агентство по охране окружающей среды США, fann.neal@epa.gov), Harry Vallack (Стокгольмский институт окружающей среды, harry.vallack@york.ac.uk).

Получить инструмент: через контактных лиц.

EcoSense. Контактное лицо: Joachim Roos (Университет Штутгарта, Joachim.Roos@ier.uni-stuttgart.de).

Получить инструмент: EcoSenseWeb предоставляет собой веб-интерфейс для расчетов единичного источника (<http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de>), доступ к которому обеспечивается за номинальную плату.

Environmental Burden of Disease (EBD) assessment tool for ambient air pollution. Получить инструмент: EBDassessment@who.int

Economic Valuation of Air Pollution (EVA). Получить инструмент: профессор Jørgen Brandt (jbr@dmu.dk).

GBD. <https://www.healthdata.org/gbd>.

Global Model of Ambient Particulates (GMAPS). Контакты: Всемирный банк, база данных «Показателей мирового развития». Примечание: Модель больше активно не поддерживается и поэтому не доступна для скачивания.

IOMLIFET. <http://www.iom-world.org/research/research-expertise/statistical-services/iomlifet/>.

SIM-Air. <http://www.urbanemissions.info/>.

TM5-FASST. Контактное лицо: Rita van Dingenen (Объединенный исследовательский центр при Европейской комиссии, rita.vandingenen@jrc.ec.europa.eu).

Получить инструмент: через контактное лицо.

US EPA BenMAP-CE. <http://www.epa.gov/air/benmap>.

Инструменты воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения с национальным охватом

Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT). Получить инструмент: Stan Judek (stan.judek@hsc.gc.ca).

AP2 (formerly APEEP). <https://sites.google.com/site/nickmullershomepage/home/ap2-apeep-model-2>.

Co-benefits Risk Assessment (COBRA) screening model. <http://epa.gov/statelocalclimate/resources/cobra.html>.

Illness Costs of Air Pollution (ICAP). Контактные лица: Сайты Канадской Медицинской ассоциации и Медицинской ассоциации провинции Онтарио. Примечание: Модель больше активно не поддерживается и поэтому не доступна для скачивания.

Integrated Transport and Health Impact Modelling Tool (ITHIM). Контактные лица: James Woodcock (jw745@medschl.cam.ac.uk) и Marko Tainio (mkt27@medschl.cam.ac.uk).

Получить инструмент: через контактных лиц.



Приложение 2.

Проект “Aphekom”

Проект Aphekom (Chanel et al., 2014; Le Tertre et al., 2014; Medina et al., 2013; Pascal et al., 2013) – это европейский мультигородской проект, направленный на обеспечение новой информации и инструментов, позволяющих: (а) лицам, принимающим решения, сформировать более эффективную европейскую, национальную и местную политику в отношении загрязнения воздуха и воздействия на здоровье; (б) медицинским работникам предоставлять лучшие рекомендации о загрязнении воздуха лицам, подверженным повышенной опасности; и (с) всему населению лучше защитить свое здоровье от негативного воздействия загрязнения воздуха. В частности, проект был направлен на поиск ответов на следующие два вопроса.

Вопрос 1: Каковы преимущества для здоровья сокращения загрязнения воздуха до нормативных значений Руководящих принципов ВОЗ по качеству воздуха в 25 европейских городах с общим населением почти 39 миллионов жителей?

Методы

- Исследуемый загрязнитель воздуха: $PM_{2.5}$. Была проведена оценка преимуществ для здоровья, которые могут быть получены при снижении концентрации $PM_{2.5}$ до нормативного значения 10 мкг на m^3 (контрфактический уровень) Руководящих принципов ВОЗ по качеству воздуха, причем все прочие переменные оставались постоянными.
- Географический охват: 25 городов ЕС.
- Пространственное разрешение по численности населения: уровень города.

Инструменты

- Рекомендации по использованию инструмента Aphekom для ОВЗ (на сайте: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>).

Как оценивалось воздействие на население?

На основе данных мониторинга городских фоновых концентраций, усредненных для каждого отдельного города. Период исследования 2004-2006 гг. для исходного сценария; данные мониторинга скорректированы с учетом политики в отношении гипотетического качества воздуха.

Как оценивался риск для здоровья?

На основе имеющихся в литературе функций “концентрация-эффект”, связывающих общую смертность от всех причин, без учета несчастных случаев, с экспозицией к $PM_{2.5}$.

Результаты

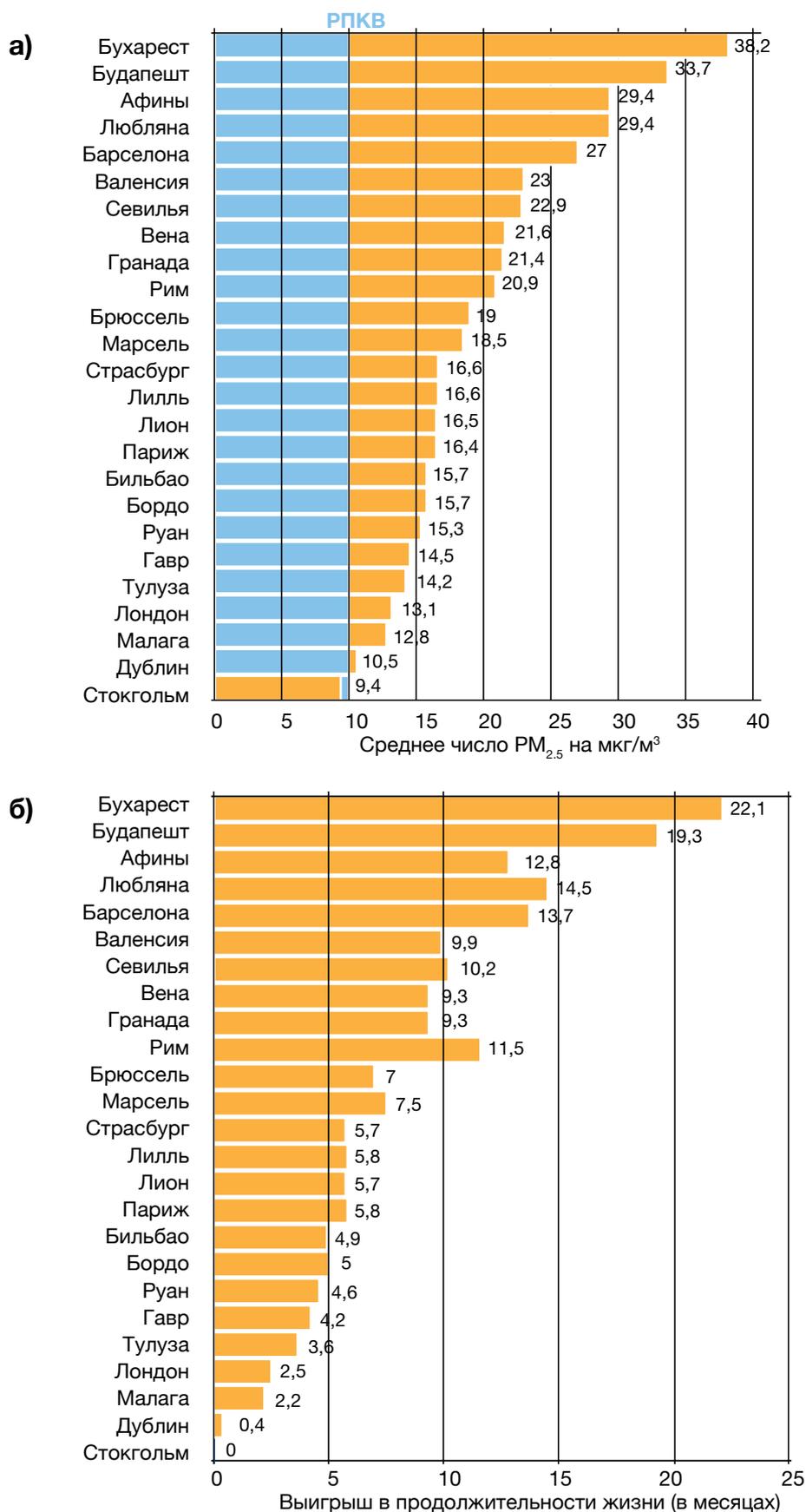
Снижение среднегодового уровня $PM_{2.5}$ до 10 мкг на m^3 может способствовать увеличению средней продолжительности жизни для возраста 30 лет в половине рассматриваемых городов ЕС более, чем на 6 месяцев (рисунок 5). Превышение нормативного значения Руководящих принципов ВОЗ по $PM_{2.5}$ приводит к бремени смертности почти в 19 000 смертей в год. Связанные с этим расходы достигнут 30 млрд. евро в год (Pascal et al., 2013).

Как интерпретировались неопределенности результатов?

Неопределенности в ФКЭ и экономической оценке были объединены двумя разными способами. Для анализа неопределенностей в результатах ОВЗ и в экономической оценке использовалось моделирование по методу Монте-Карло.



Рисунок 5. Уровни $PM_{2.5}$ в 25 Европейских городах и прогнозируемый выигрыш в продолжительности жизни от выполнения Руководящих принципов ВОЗ
 Адаптировано из “Арнеком” (2011 год)



Вопрос 2: Улучшает ли политика, направленная на снижение содержания серы в конкретных видах жидкого топлива, качество воздуха и, как следствие, здоровья населения в 20 городах Европейского Союза (ЕС)?

Методы

- Исследуемый загрязнитель воздуха: SO₂. Была проведена оценка изменений во взаимосвязях между ежедневной концентрацией SO₂ и ежедневным уровнем смертности до и после реализации законодательных мер, регулирующих содержание серы в конкретных видах топлива.
- Географический охват: 20 городов ЕС.
- Пространственное разрешение по численности населения: уровень города.

Инструменты

- Рекомендации по использованию инструмента Aphekom для ОВЗ (на сайте: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>).

Как оценивалась воздействие на население?

На основе данных мониторинга городских фоновых концентраций, усредненных для каждого отдельного города. Период исследования 1990-2008 гг.

Как оценивался риск для здоровья?

(1) С помощью моделей регрессии Пуассона: специфические для города риски смертности, связанные с изменениями в уровнях SO₂ для периодов до и после реализации трех директив ЕС. (2) С помощью мета-регрессии: объединенная оценка специфических для города рисков. (3) ОВЗ: оценка преждевременных смертей, которых удалось избежать в результате изменений в уровне SO₂ после реализации директив по сравнению с исходным уровнем; экономическая оценка.

Результаты

Общие результаты основывались на данных о качестве воздуха в 20 рассматриваемых городах ЕС, начиная с 2000 года, по сравнению с периодом до реализации директивы: ежегодно 2212 жизней спасены от смертности от всех причин (ДИ 95%: 772-3663); ежегодные денежные сбережения составили 191,6 миллионов евро (Chanel et al., 2014; Le Tertre et al., 2014).

Как интерпретировались неопределенности результатов?

Для анализа неопределенностей в результатах ОВЗ и экономической оценке использовалось моделирование по методу Монте-Карло.



Приложение 3.

Глобальное бремя болезней

Проект ГББ-2010, координируемый IHME, (Lim et al., 2013) – это COP, направленная на сравнение бремени болезней, травм и факторов риска. В отношении загрязнения воздуха она направлена на поиск ответов на следующие два вопроса¹.

- Каков риск для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха и воздуха внутри помещений во всем глобальном спектре воздействия?
- Каковы последствия для здоровья от наблюдаемого в последнее время загрязнения воздуха по сравнению с бременем болезней от других факторов риска?

Методы

Загрязнение воздуха оценивалось по 3 различным критериям:

PM_{2.5}, общий полезный индикатор риска, обусловленного экспозицией к смеси загрязняющих веществ из различных источников и в разных средах, оценивающий (i) загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами, а также (ii) загрязнение воздуха в жилых помещениях, вызванное атмосферным озоном и использованием твердого топлива. В контексте данного примера акцент ставится только на твердые частицы.

- Географический охват: глобальный.
- Пространственное разрешение по численности населения: опросы населения и данные переписи населения.
- Подход COP: использованы последовательные методы для оценки бремени болезней, обусловленных различными факторами риска на глобальном, региональном и национальном уровнях, а также их соответствующие неопределенности.
- Влияние загрязнения окружающей среды твердыми частицами определялось относительно контрфактического уровня, заданного в диапазоне равномерного распределения с нижней и верхней границами от мини-

мума до 5-го перцентиля воздействия PM_{2.5} в когортном исследовании “Профилактика рака II” Американского противоракового общества (5,8 мкг на м³ и 8,8 мкг на м³, соответственно) (Burnett et al., 2014; Krewski et al., 2009; Lim et al., 2013).

Инструменты

- Загрязнение воздуха: TM5-FASST, спутниковые оценки и инвентаризация выбросов, сгенерированная в Модели оценки взаимодействия и синергизма парниковых газов и загрязнения воздуха (GAINS).
- Риск для здоровья: функции “интегрированная экспозиция–ответ” (ИЭО).

Как оценивалась воздействие на население?

- Интеграция данных по загрязнению атмосферного воздуха твердыми частицами: оценка спутникового дистанционного зондирования и результатов моделирования переноса загрязняющих веществ были усреднены и откалиброваны вместе с имеющимися данными натуральных измерений в единой глобальной регрессионной модели. Полученные оценки обеспечили полный глобальный охват, сокращение систематических ошибок, высокое пространственное разрешение и облегченную оценку вклада источников и групп источников в концентрации загрязнителей атмосферного воздуха.
- Загрязнения атмосферного воздуха и воздуха жилых помещений были рассмотрены как отдельные факторы риска для глобального бремени болезней; также рассматривалась степень дублирования воздействия этих двух факторов риска.

Как оценивался риск для здоровья?

- Были разработаны функции “интегрированная экспозиция–ответ” (ИЭО), сочетающие данные исследований загрязнения атмосферного воздуха, вторичного табачно-

¹ Это приложение подчеркивает отдельные аспекты исследования ГББ-2010, имеющие отношение к содержанию данного документа. Данные ГББ-2013 уже также доступны. (Forouzanfar et al., 2015).

го дыма, загрязнения воздуха в жилых помещениях и активного курения (Burnett et al., 2014).

- Это было сделано потому, что существующие данные охватывали лишь небольшие диапазоны концентраций, и не имелось никаких других функций “экспозиция-эффект”, полученных в ходе исследований за пределами Северной Америки и Европы. Существующие функции “экспозиция-эффект” не могли быть применены напрямую к странам с высоким уровнем загрязнения воздуха, например, в Азии (Lim et al., 2013).

Допущения ИЭО: смертность, обусловленная загрязнением воздуха, не связана с другими факторами риска.

Результаты

Загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами и загрязнение воздуха жилых помещений вследствие сжигания твердого топлива являлись значительным фактором риска для

здоровья в 2010 году, способствуя повышению уровня преждевременной смертности во всем мире.

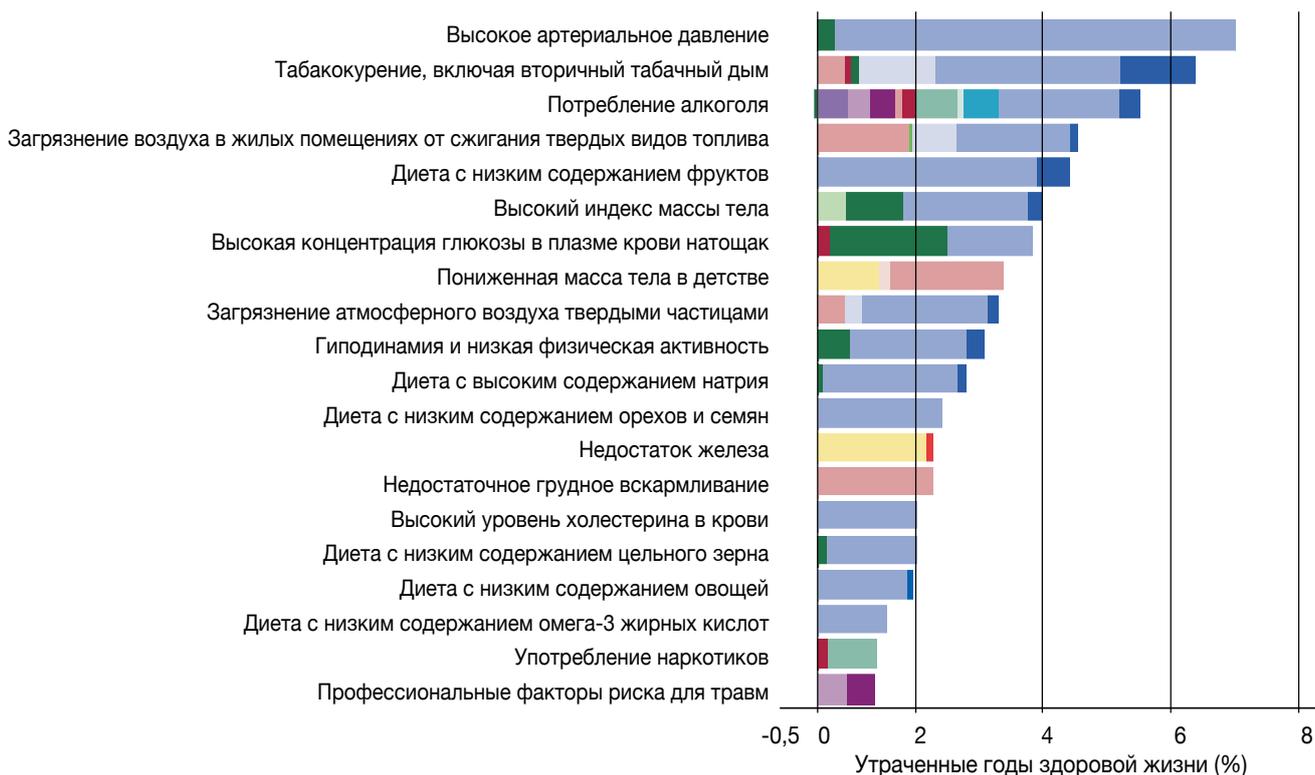
- В 2010 году загрязнение воздуха жилых помещений было названо 4-м фактором риска в мире, ответственным за 4,5% (3,4-5,3%) глобальных DALY (рисунок 6) (Lim et al., 2013).
- В 2010 году загрязнение атмосферного воздуха стало 9-м фактором риска в мире, ответственным за 3,1% (2,7-3,4%) глобальных DALY (рисунок 6) (Lim et al., 2013).

Как интерпретировались неопределенности результатов?

В исследовании ГББ использовались методы моделирования, включающие неопределенности из четырех источников: бремени болезней, уровень экспозиции к загрязнителям, ответ на загрязнение, а также контрфактический уровень загрязнения воздуха (WHO Regional Office for Europe, 2014).



Рисунок 6. Бремя болезней, обусловленных 20 ведущими факторами риска в 2010 году, выраженное в процентах глобальных DALY



- | | |
|--|---|
| ■ Рак | ■ ВИЧ / СПИД и туберкулез |
| ■ Сердечно-сосудистые заболевания и заболевания системы кровообращения | ■ Диарея, инфекции нижних дыхательных путей и другие распространенные инфекционные заболевания |
| ■ Хронические заболевания дыхательных путей | ■ Забытые тропические болезни и малярия |
| ■ Цирроз печени | ■ Материнские болезни |
| ■ Заболеваний органов пищеварения | ■ Неонатальные расстройства |
| ■ Неврологические нарушения | ■ Недостаточность питания |
| ■ Психические и поведенческие расстройства | ■ Другие инфекционные заболевания |
| ■ Диабет, заболевания крови, мочеполовой и эндокринной систем | ■ Дорожно-транспортные травмы |
| ■ Расстройства опорно-двигательной системы | ■ Непреднамеренные травмы |
| ■ Другие неинфекционные заболевания | ■ Преднамеренные травмы |
| | ■ Войны и бедствия |

Источник: перепечатано из журнала "The Lancet", No.380, Lim et al. «A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010», стр. 2244, Elsevier Limited (2013), с разрешения Elsevier.



Приложение 4. BenMAP

Программа картирования и анализа экологических преимуществ (BenMAP) (US EPA, 2014) создана для помощи в разработке нормативных документов в Соединенных Штатах Америки. В США Агентством по охране окружающей среды (Fann & Risley, 2013) было проведено исследование с использованием BenMAP для оценки контекста общественного здоровья для $PM_{2.5}$ и определения тенденций качества воздуха в отношении озона. Целью исследования было ответить на следующий вопрос.

- Каков уровень преждевременной смертности и случаев преждевременной смерти, которых удастся избежать в результате изменений в уровне и распределении $PM_{2.5}$ и O_3 в воздухе на всей территории США?

Методы

- Оцениваемые загрязнители воздуха: $PM_{2.5}$ и O_3 .
- Географический охват: страновой.
- Пространственное разрешение по численности населения: Блочные популяции на основе переписи населения США.
- Использованный подход включал оценку:
 - о пространственного распределения изменений в качестве атмосферного воздуха в результате последних изменений качества воздуха
 - о изменений в экспозиции населения
 - о последствий для здоровья населения (путем приложения ФКЭ из эпидемиологической литературы к изменениям в экспозиции населения).

Инструменты

- Загрязнение воздуха: алгоритм Вороного (VNA).
- Экспозиция популяции и риск для здоровья: BenMAP (US EPA, 2014).

Как оценивалось воздействие на население?

- Концентрации загрязнителей воздуха, измеренные на станциях мониторинга качества воздуха, были использованы для создания пространственной карты концентраций с координатной сеткой 12×12 км для каждого года, на период с 2000 (контрфактический

уровень загрязнения воздуха) по 2007 год. Данные интерполировались с использованием алгоритма Вороного.

Как оценивался риск для здоровья?

- Исходный уровень заболеваемости: страновой 3-летний средний уровень смертности (2006-2008 гг.) от всех причин, из базы данных CDC-WONDER.
- Имеющиеся ФКЭ: для каждого загрязнителя были выбраны две ФКЭ, чтобы компенсировать сильные и слабые стороны, присущие выбранным исследованиям, например одна могла иметь более широкий географический охват, а другая – более широкий охват населения.

Результаты

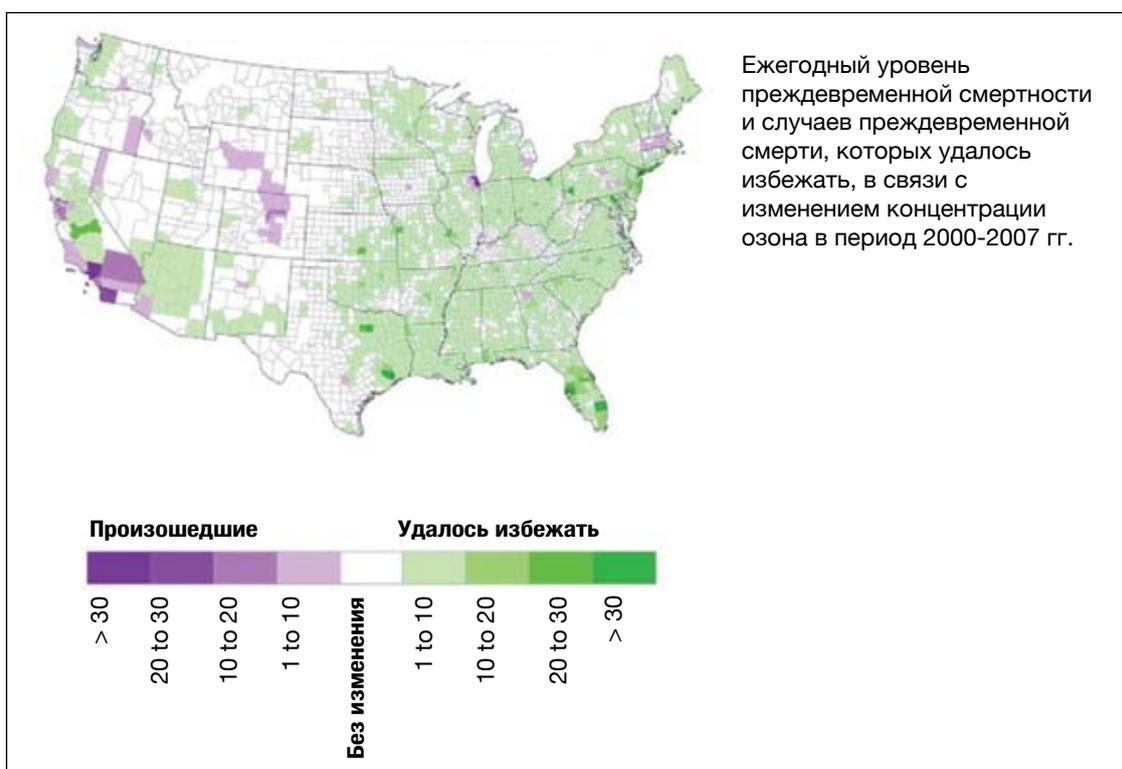
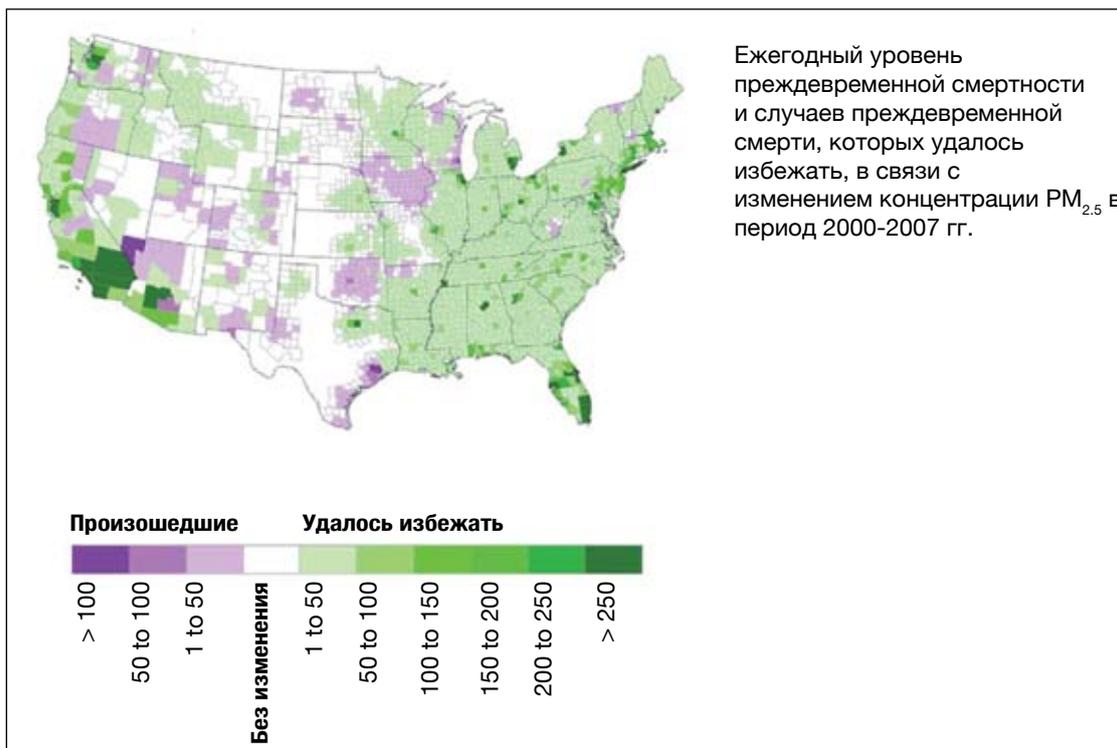
- Расчетные сокращения контролируемых концентраций $PM_{2.5}$ и O_3 в период с 2000 по 2007 годы были связаны с ежегодным общим количеством (22 000-60 000 и 880-4100) смертей от всех причин, которых удалось избежать (рисунок 7) (Fann & Risley, 2013).

Как интерпретировались неопределенности результатов?

- Для анализа доверительных интервалов использовалось моделирование по методу Монте-Карло.



Рисунок 7. Ежегодный уровень преждевременной смертности и случаев преждевременной смерти, которых удалось избежать, в связи с изменением концентрации $PM_{2.5}$ или озона в период 2000-2007 гг.



Источник: Fann & Risley (2013), с любезного разрешения Springer Science and Business Media.



Европейское региональное бюро ВОЗ

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) – специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, созданное в 1948 г., основная функция которого состоит в решении международных проблем здравоохранения и охраны здоровья населения. Европейское региональное бюро ВОЗ является одним из шести региональных бюро в различных частях земного шара, каждое из которых имеет свою собственную программу деятельности, направленную на решение конкретных проблем здравоохранения обслуживаемых ими стран.

Государства-члены

Австрия
Азербайджан
Албания
Андорра
Армения
Беларусь
Бельгия
Болгария
Босния и Герцеговина
Бывшая югославская Республика Македония
Венгрия
Германия
Греция
Грузия
Дания
Израиль
Ирландия
Исландия
Испания
Италия
Казахстан
Кипр
Кыргызстан
Латвия
Литва
Люксембург
Мальта
Монако
Нидерланды
Норвегия
Польша
Португалия
Республика Молдова
Российская Федерация
Румыния
Сан-Марино
Сербия
Словакия
Словения
Соединенное Королевство
Таджикистан
Туркменистан
Турция
Узбекистан
Украина
Финляндия
Франция
Хорватия
Черногория
Чешская Республика
Швейцария
Швеция
Эстония



9 789289 051316 >

Всемирная организация здравоохранения
Европейское региональное бюро ВОЗ
UN City, Marmorvej 51, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark
Тел.: +45 45 33 70 00 Факс: +45 45 33 70 01
Эл. почта: contact@euro.who.int
Веб-сайт: www.euro.who.int