



**Всемирная организация  
здравоохранения**

**Европейское** региональное бюро

# Методы мониторинга качества воздуха в ШКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Отчет о совещании**

**Бонн, Германия**

**4-5 апреля 2011 г.**



**JRC**

**EUROPEAN COMMISSION**

# Методы мониторинга качества воздуха в ШКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Отчет о совещании 4-5 апреля 2011 г.**

**Бонн, Германия**

Коспонсором этого совещания был  
Совместный исследовательский центр  
Европейской Комиссии

## РЕЗЮМЕ

В ходе консультации ВОЗ, проведенной в ноябре 2010 г., был отобран набор индикаторов состояния окружающей среды и здоровья для мониторинга сроков исполнения обязательств по снижению воздействия вредных факторов окружающей среды на состояние здоровья детей, которые были приняты государствами-членами на Пятой министерской конференции по окружающей среде и здоровью в г. Парма (2010). Новые индикаторы, отражающие экспозицию к избранным загрязнителям воздуха в школьных помещениях, плесени и сырости в школьных зданиях, а также недостаточную вентиляцию в классных комнатах потребуют сбора новых данных на территории государств-членов. Данное техническое совещание, спонсируемое ВОЗ и Совместным исследовательским центром Европейской Комиссии, определит методологические подходы к проведению национальных обследований в школах, утвердит график дальнейшей разработки методологии, проведения пилотного тестирования и подготовки методических рекомендаций.

### Ключевые слова

AIR POLLUTION, INDOOR – prevention and control  
SCHOOLS ENVIRONMENTAL MONITORING AIR  
POLLUTANTS – adverse effects  
CHILD

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

Publications  
WHO Regional Office for Europe  
Scherfigsvej 8  
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?language=Russian>.

### © Всемирная организация здравоохранения, 2011 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 пока 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 их правильности. 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.

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>ПРЕДПОСЫЛКИ И ПОДГОТОВКА СОВЕЩАНИЯ .....</b>	<b>1</b>
<b>КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ДИСКУССИЙ В РАМКАХ СОВЕЩАНИЯ .....</b>	<b>2</b>
Цели и организация совещания.....	2
Обзор подходов и ограничений.....	3
Презентации существующих программ сбора данных о загрязнении воздуха в школьных помещениях... 4	
<i>Франция.....</i>	<i>4</i>
<i>Бельгия.....</i>	<i>4</i>
<i>Италия .....</i>	<i>5</i>
<i>Загрязнение воздуха внутри помещений и здоровье: наблюдательная сеть в Европе (Schools INdoor Pollution and Health: Observatory Network In Europe, SINFONIE).....</i>	<i>5</i>
<i>Обзор применения методов мониторинга качества воздуха внутри помещений в Европейских программах сбора данных.....</i>	<i>6</i>
МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ .....	6
<i>Мониторинг экспозиции к химическим загрязнителям воздуха внутри помещений .....</i>	<i>6</i>
<i>Методика мониторинга интенсивности воздухообмена внутри помещений .....</i>	<i>12</i>
<i>Методика оценки наличия сырости и плесени в школьных зданиях.....</i>	<i>14</i>
<i>Дизайн обследования и объем выборки .....</i>	<i>16</i>
Выводы, рекомендации и предстоящие задачи .....	26
Приложение 1. Список участников .....	29



## Предпосылки и подготовка совещания

В ходе Пятой министерской конференции по окружающей среде и охране здоровья (Парма, Италия, 2010 г.) была принята Декларация и Обязательства о приверженности активным действиям, содержащие ряд целей для процесса «Окружающая среда и здоровье» в рамках четырех Региональных приоритетных задач (РПЗ): (1) Защита здоровья населения путем улучшения доступа к безопасному водоснабжению и санитарным удобствам; (2) Борьба с ожирением и травматизмом путем обеспечения безопасной окружающей среды, адекватного уровня физической активности и здорового питания; (3) Профилактика заболеваний путем улучшения качества воздуха внутри и вне помещений; и (4) Профилактика заболеваний, связанных с небезопасными химическими, биологическими и физическими факторами окружающей среды. Впервые в истории были установлены сроки выполнения обязательств по защите здоровья детей.

60<sup>ая</sup> Сессия Европейского регионального комитета ВОЗ, состоявшаяся в сентябре 2010 г. в Москве определила, что Европейское региональное бюро ВОЗ должно оказать поддержку государствам-членам в ходе исполнения ими обязательств Пармской конференции. Резолюция EUR/RC60/R7 Регионального комитета рекомендует государствам-членам и ВОЗ обратить особое внимание на достижение измеряемых целей, указанных в Пармской декларации по охране окружающей среды и здоровья.

24-25 ноября 2010 г. ВОЗ провела встречу международных экспертов с целью отбора минимального набора индикаторов для мониторинга исполнения обязательств Пармской конференции с особым акцентом на исполнение пяти обязательств с установленными сроками выполнения. В ходе совещания было отобрано 18 индикаторов для дальнейшей разработки и внедрения в Европейскую систему по окружающей среде и здоровью населения (Environment and Health Information System, ENHIS), которую поддерживает Европейский центр ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья в Бонне, Германия (отчет о совещании можно найти по адресу [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0019/134380/e94788.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/134380/e94788.pdf)).

Набор предлагаемых индикаторов включает несколько индикаторов, которые потребуют сбора новых данных в государствах-членах с целью предоставления актуальной и сфокусированной информации для исполнения обязательств Пармской конференции. На совещании в ноябре 2010 г. было решено, что ВОЗ будет координировать разработку инструментов обследования, которые позволят государствам-членам собрать сопоставимые и непротиворечивые данные при помощи стандартизированной методологии. Боннское отделение Европейского центра ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья организовало сотрудничество с Совместным исследовательским центром Европейской Комиссии (JRC) с целью совместной координации процесса разработки методологии индикаторов экспозиции к загрязнителям воздуха внутри школьных помещений (за исключением табачного дыма) в рамках Обязательства РПЗ 3 (iii):

- «Мы ставим цель обеспечить для всех детей здоровые условия окружающей среды в дошкольных учреждениях, школах и общественных местах отдыха к 2020 году в духе выполнения руководства ВОЗ по качеству воздуха внутри помещений...»

ВОЗ и JRC совместно финансировали проведение технического совещания экспертов в Бонне 4-5 апреля 2011 года, которое стало первым шагом на пути подготовки рекомендаций по проведению национальных обследований.

Главной темой совещания в апреле 2011 года стали следующие индикаторы экспозиции к загрязнителям воздуха внутри школьных помещений:

- Плесень и сырость в зданиях школ
- Недостаточная вентиляция в школах (рассчитывается по концентрации CO<sub>2</sub>)
- Экспозиция к отдельным загрязнителям воздуха внутри школьных помещений (NO<sub>2</sub> и формальдегиду как основным загрязнителям и бензолу как факультативному загрязнителю)

Показатель наличия плесени/сырости потребует проведения инспекций в школах, а индикаторы вентиляции и экспозиции к химикатам в воздухе внутри помещений потребует мониторинга качества воздуха в школах.

В ходе совещания были сделаны презентации существующих национальных программ мониторинга качества воздуха внутри помещений школ и других общественных зданий. На основе опыта нескольких государств-членов, в которых действуют масштабные программы сбора данных, включающие сотни помещений и широкие наборы загрязнителей, и с учетом ограничений ресурсов и местных возможностей в других странах, совещание разработало рекомендации по базовой программе сбора данных по качеству воздуха внутри школьных помещений выполнимой в большинстве стран Региона.

В целях снижения стоимости сбора данных для набора предложенных индикаторов, предлагаемое обследование в школах будет также включать сбор данных по следующим предлагаемым индикаторам:

- Курение в здании и на территории школ и пассивная экспозиция к табачному дыму в школах (анкетирование школьников)
- Доступ к улучшенным и адекватно эксплуатируемым санитарным удобствам в школах и детских садах (инспекции школ обученным техническим персоналом)
- Соблюдение школьниками правил гигиены (анкетирование школьников)
- Доля детей, добирающихся в школу и из школы различными видами транспорта (анкетирование школьников)

Методология этих индикаторов не обсуждалась в ходе данного совещания. Она будет разрабатываться отдельно другими группами экспертов.

## **Краткое изложение дискуссий в рамках совещания**

### ***Цели и организация совещания***

В данном совещании приняли участие эксперты, являющиеся добровольными членами группы РПЗ 3, которая была сформирована после совещания в ноябре 2010 года, а также отдельные эксперты, которые участвуют или участвовали в проведении национальных и международных обследований загрязнения воздуха в Европе, специалист по статистике, и эксперты JRC и ВОЗ (см. Список участников в Приложении 1). Совещанию была поставлена задача разработать рекомендаций по следующим вопросам:

1. Методология мониторинга экспозиции к формальдегиду и двуокиси азота (NO<sub>2</sub>) в классных комнатах;
2. Методология измерения воздухообмена (интенсивности вентиляции) внутри помещений на основе метода равновесной концентрации углекислого газа (CO<sub>2</sub>) или других подходящих методик;
3. Методология оценки наличия плесени и сырости в школьных помещениях;

4. Вопросы планирования обследования, включая процедуры отбора школ, статистическую силу обследования и объем выборки.

Целью совещания также стало определение и отбор подходящих методик для предлагаемого обследования с учетом опыта проводимых в настоящее время национальных и международных обследований уровней загрязнения воздуха внутри помещений. В ходе совещания были также определены дальнейшие шаги по разработке методологии обследования, включая пилотное тестирование в отдельных государствах-членах. В ходе совещания обсуждались необходимые мероприятия по оказанию содействия сбору новых данных на территории государств-членов, определению национальных и международных учреждений-партнеров и организации синергии с существующими и планируемыми механизмами сбора данных и отчетности. В рамках совещания были проведены пленарные заседания и заседания четырех рабочих групп с целью обсуждения каждого из четырех вопросов, перечисленных выше.

## **Обзор подходов и ограничений**

Европейский регион ВОЗ включает 53 страны с большим диапазоном климатических и социально-экономических условий и методов строительства. Поэтому целью явилась разработка минималистского дизайна обследования, который можно будет применить во всех странах Региона. У отдельных стран будет возможность расширить это обследование и включить дополнительные параметры в соответствии с национальными приоритетами.

Важно отметить, что целью предлагаемого обследования является оценка экспозиции к специфическим факторам школьной окружающей среды, отрицательное воздействие на здоровье которых хорошо известно. Обследование не предназначено для того, чтобы в очередной раз доказать, что экспозиция к этим факторам связана с риском для здоровья. Поэтому базовый протокол обследования не будет включать сбор данных о негативных последствиях для здоровья.

Использование диффузионных пробоотборников для мониторинга химических загрязнителей рекомендуется в целях снижения стоимости, что важно для успешного проведения обследования во многих странах. Однако было отмечено, что период усреднения концентрации у диффузионных пробоотборников (одна школьная неделя/5 учебных дней для всех загрязнителей) не соответствует временным периодам, указанным в рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха внутри помещений (IAQ). Поэтому предлагаемое обследование не будет напрямую оценивать соответствие рекомендациям ВОЗ по IAQ. В то же время, данные позволят получить общее представление о серьезности проблем с качеством воздуха внутри помещений, провести сравнение между странами и охарактеризовать тенденции по времени.

В процессе обследования будет оцениваться экспозиция только в школьной среде. Результаты данного обследования будут использованы для разработки политических мер, направленных на улучшение ситуации в школах. Несмотря на то, что дети могут подвергаться воздействию тех же вредоносных факторов окружающей среды вне школ, обследование не будет включать оценку общего уровня экспозиции. Мониторинг индивидуальной экспозиции и другие меры по оценке общей экспозиции не будут использоваться. Измерения будут проводиться только в школах и будут ограничены временем присутствия учеников в школе.



## **Презентации существующих программ сбора данных о загрязнении воздуха в школьных помещениях**

### **Франция**

В рамках Национального плана действий по окружающей среде и охране здоровья, во Франции разработана обширная программа мониторинга качества воздуха внутри школ и других общественных зданий. Пилотное обследование проводится в школах и дошкольных учреждениях дневного пребывания детей (2009-2011). В каждой классной комнате используется один пассивный пробоотборник для каждого химического загрязнителя (формальдегид и бензол; 5 дней летом плюс 5 дней зимой). Кроме того, спертость воздуха измеряется по концентрации CO<sub>2</sub> каждые 10 минут в занятых классных комнатах при помощи инфракрасного сенсора Lum'Air® (также по 5 дней в теплое и холодное время года). Отбор проб ведется в одной или двух классных комнатах на каждом этаже школы. Стоимость составляет около 2000 евро на школу для отбора проб и 600 евро на проведение инспекции здания. Всего в пилотном проекте на добровольной основе приняли участие 320 школ и дошкольных учреждений дневного пребывания детей. За этим проектом последует обязательная базовая программа сбора данных по качеству воздуха в общественных зданиях в период с 2013 по 2015 год, а также последующие обследования каждые 7 лет.

Французским Наблюдательским Советом по IAQ будет выполнена исследовательская программа с целью разработки национального плана по мониторингу качества воздуха внутри помещений. Выборка из 300 школ (600 классных комнат) будет сформирована путем случайного отбора на территории всей страны; в каждой школе отбор проб будет производиться в 2 классных комнатах в течение одной недели. Будет измеряться температура воздуха, относительная влажность и уровень CO<sub>2</sub> (при помощи устройств Q-Trak), летучих органических соединений (ЛОС) и альдегидов (активный отбор проб), полуметучих органических соединений (ПЛОС), PM<sub>2.5</sub> (активный отбор в период занятости помещения) и производиться подсчет числа частиц в диапазоне 0,3 – 20 мкм при помощи оптического счетчика частиц. Оценка экспозиции к плесени будет основываться на замерах содержания характерных химических соединений в воздухе внутри помещений (микробные летучие органические соединения, МЛОС). Осажденная пыль будет исследоваться на предмет содержания металлов, аллергенов и ПЛОС. В 2010 г. было проведено два пилотных исследования (в 45 школах, всего в 140 классных комнатах). Национальное обследование начнется в сентябре 2011 года.

### **Бельгия**

Два обследования уровней загрязнения воздуха внутри школьных помещений было проведено в 2006 – 2009 годах во Фландрии (Бельгия). В ходе обследования Binnenlucht in Basisscholen (BiVa) были проведены замеры уровней большого числа загрязнителей воздуха внутри и вне помещений в 30 начальных школах (всего 90 классных комнат). Проводились инспекции классов, оценка экспозиции к загрязнителям (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>x</sub>, метил-трет-бутиловый эфир, бензол, толуол, тетрахлорэтилен, этилбензол, изомеры ксилола, 1,2,4-триэтилбензол, общий уровень ЛОС, формальдегид, ацетальдегид, общий уровень остальных альдегидов, температура, относительная влажность и уровень CO<sub>2</sub>), визуальный осмотр на предмет наличия плесени, измерение интенсивности вентиляции в классах и измерение дыхательной функции у более чем 1500 детей. Было показано, что концентрации многих химикатов были намного выше внутри помещений, чем снаружи. Был также продемонстрирован большой разброс концентраций вредных веществ между классами. В семи из 90 классных комнат была найдена видимая

плесень. Не было выявлено взаимосвязи между интенсивностью вентиляции и наличием плесени.

В другом обследовании использовались диффузионные пробоотборники для оценки экспозиции детей к формальдегиду, NO<sub>2</sub>, бензолу и другим загрязнителям в различном микроокружении. Было показано частое превышение рекомендованных во Фландрии уровней формальдегида, бензола, общего уровня VOC, CO<sub>2</sub> и других параметров воздуха внутри помещений.

## **Италия**

Мониторинг уровня загрязнения воздуха внутри помещений в Италии проводится в рамках проекта «Ультрамелкие частицы в выхлопных газах и здоровье детей» (Ultrafine Particles from Traffic Emissions and Children's Health, UPTECH). Он включает в себя мониторинг ультрамелких частиц размером <0,1 мкм (100 нм), которые, в основном, производятся транспортными средствами. Эти частицы обладают большой специфической площадью поверхности, могут служить катализаторами химических реакций и абсорбировать большое количество токсических веществ, которые они могут занести глубоко в легкие при вдыхании. Эти частицы могут также попадать в кровоток и связываться с белками плазмы, изменяя их функцию, индуцировать оксидантный стресс и оказывать влияние на иммунитет. Целью данного поперечного исследования стала оценка зависимости «доза-ответ» между ультрамелкими частицами и специфическим воздействием на здоровье у детей 8-11 лет. Выборка в Италии представлена шестью школами, 40 детьми в каждой школе. Две школы уже обследованы. Качество воздуха измеряется в 5 точках в каждой школе (3 вне и 2 внутри помещения) на протяжении двух недель. Измеряется число частиц и распределение их размера, химический состав частиц, уровень NO<sub>x</sub>, CO и ионов.

## **Загрязнение воздуха внутри помещений и здоровье: наблюдательная сеть в Европе (Schools INdoor Pollution and Health: Observatory Network In Europe, SINPHONIE)**

Исследование SINPHONIE финансируется DG SANCO и координируется Региональным центром окружающей среды (Regional Environmental Centre, REC) по центральной и восточной Европе. Партнерами являются 38 учреждений в 25 странах. Целью исследования является сбор данных для комплексной оценки рисков для здоровья вследствие загрязнения воздуха внутри школьных помещений. Список мониторируемых параметров включает уровень формальдегида, бензола, трихлорэтилена, тетрахлорэтилена, пинена, лимонена, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), радона, CO, CO<sub>2</sub>, относительной влажности, температуры, интенсивности вентиляции, а также биологических агентов, включая бактерии, плесень и аллергены. Мониторинг будет производиться в 120 школах Европы, в 3 классных комнатах и одной репрезентативной точке вне помещения школы. Исследование будет организовано в четырех географических кластерах с различными климатическими условиями. Список государств-участников включает Норвегию, Швецию, Финляндию, Исландию, Данию, Эстонию, Латвию, Литву, Соединенное Королевство, Ирландию, Нидерланды, Бельгию, Францию, Люксембург, Германию, Австрию, Швейцарию, Польшу, Словакию, Чехию, Венгрию, Румынию, Болгарию, Сербию, Боснию и Герцеговину, Португалию, Испанию, Бывшую Югославскую Республику Македонию, Италию, Мальту, Грецию, Кипр и Албанию. Начало сбора данных ожидается в 2011-2012 году. Цели SINPHONIE и предлагаемого обследования ВОЗ пересекаются в значительной мере. Однако в SINPHONIE будет использоваться небольшая выборка в каждой стране при условии измерения большого числа параметров качества воздуха в

каждой школе. Проект SINPHONIE и обследование школ, спонсируемое ВОЗ, могут дополнить друг друга и оказать взаимное содействие за счет совместного использования местного опыта и инфраструктуры, например, обученных инспекторов. Хотя имеет смысл синхронизировать подходы к мониторингу перекрывающихся показателей, это не является обязательным условием вследствие разных целей этих двух проектов.

## **Обзор применения методов мониторинга качества воздуха внутри помещений в Европейских программах сбора данных**

Совместный исследовательский центр Европейской комиссии (JRC) в г. Испра, Италия, координирует усилия по синхронизации мониторинга качества воздуха внутри помещений в странах ЕС. JRC также проводит программу JRC-INDOOR\_MONIT по работе с жалобами на качество воздуха внутри помещений, занимается прояснением причин низкого качества воздуха, измерением концентраций загрязнителей и проверкой эффективности корректирующих мероприятий.

Хотя пассивные диффузионные пробоотборники обычно менее точны и чувствительны, чем активные, JRC всё же обычно использует диффузионные пробоотборники для мониторинга средних концентраций химических загрязнителей в воздухе внутри помещений по практическим причинам. Они небольшого размера, недорогие и не требуют источника питания. JRC разработал краткие руководства по мониторингу концентраций формальдегида, NO<sub>2</sub> и бензола внутри помещений с использованием диффузионных пробоотборников (эти руководства были переданы участникам совещания).

Различные диффузионные пробоотборники обладают различной скоростью диффузии и пределами определения, что требует различной длительности отбора проб. Обычно длительность этого процесса составляет от 48 часов до одной недели. Температура и влажность могут повлиять на результаты отбора проб. В принципе, диффузионные пробоотборники также требуют наличия минимального потока воздуха в месте контакта. Точки установки диффузионных пробоотборников в каждом классе нужно выбирать очень тщательно, чтобы проба была репрезентативной по качеству воздуха во всей комнате. Указывается минимальное расстояние от стены или пола для того, чтобы поток воздуха был достаточным и чтобы эмиссии или абсорбция загрязнителей материалами поверхностей не искажали результаты мониторинга. Нужно собрать информацию об условиях и деятельности людей в помещении во время отбора проб, чтобы обеспечить интерпретацию результатов. Более подробную инструкцию по организации мониторинга качества воздуха внутри помещений можно найти в методологических документах ISO.

## **Методы обследования**

### **Мониторинг экспозиции к химическим загрязнителям воздуха внутри помещений**

#### **Общие соображения**

##### Тип пробоотборников

Химические загрязнители воздуха внутри помещений будут измеряться при помощи пассивных пробоотборников, которые предоставляют данные о средней концентрации за время отбора проб. Диффузионные пробоотборники экспонируются в течение определенного периода

времени. Скорость отбора проб зависит от коэффициента диффузии целевого химиката, который имеет прямую связь с площадью входного отверстия пробоотборника и обратную с длиной зоны диффузии монитора. Эта скорость называется скоростью диффузионного поглощения пробоотборника. Для каждой модели пробоотборника скорость диффузионного поглощения определяется производителем после калибровки в стандартной атмосфере. Реальная скорость диффузионного поглощения во время экспозиции является функцией температуры.

Необходимо выбирать пробоотборники для различных загрязнителей так, чтобы все загрязнители измерялись одновременно и в течение одинакового количества времени. Отбор проб нужно производить в дни работы школы. Вследствие вентиляции и деятельности внутри и вне школьного здания, концентрация большинства веществ внутри помещений будет значительно отличаться в рабочие часы, по сравнению с вечерним и ночным временем и выходными днями. В идеале, поэтому нужно закрывать пробоотборники в конце каждого рабочего дня и открывать в начале следующего рабочего дня для того, чтобы замерить концентрации в часы присутствия детей. Однако были высказаны опасения, что данный подход может быть проблематичным на практике. Если техникам нужно будет присутствовать в каждой школе ежедневно, чтобы открывать и закрывать пробоотборники, обследование может стать слишком дорогим. Потенциальным решением станет обучение сотрудников школы или даже старшеклассников правилам открытия и закрытия пробоотборников. Окончательное решение о практичности и технической возможности проведения мониторинга только в часы проведения занятий будет приниматься на основе результатов пилотных исследований.

Отбор проб нужно будет провести как внутри, так и вне помещений. Участники совещания обсудили количество точек отбора проб вне помещений для каждой школы. Один подход заключается в отборе с «чистых» и «загрязненных» сторон здания. В отсутствие предварительного отбора проб, это потребует субъективного определения загрязненных и чистых сторон, что может не всегда быть надежным. Более простой подход предлагает отбирать только одну пробу воздуха снаружи каждой школы, например, с фасадной стороны здания.

В ходе совещания было проведено краткое обсуждение факультативных загрязнителей, которые можно включить в национальные обследования. Было отмечено, что для некоторых важных загрязнителей, таких как взвешенные частицы  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ , практичные и относительно недорогие методы измерения отсутствуют. Вследствие этого, такие загрязнители не могут быть рекомендованы для региональной программы обследований. Для бензола (который был рекомендован в ходе консультации ВОЗ в 2010 г. в качестве факультативного загрязнителя) доступны недорогие диффузионные пробоотборники. Бензол и родственные соединения, толуол и ксилолы (которые можно измерять при помощи тех же пассивных пробоотборников и анализировать при помощи того же лабораторного инструментария) не были включены в список основных загрязнителей, так как лабораторный анализ требует наличия более дорогостоящего оборудования, которое может отсутствовать в некоторых государствах-членах.

В ходе 5<sup>ой</sup> министерской конференции по окружающей среде и охране здоровья государства-члены подписали обязательства по внедрению рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха внутри помещений (Пармская Декларация, Обязательство РПЗ iii). Рекомендации ВОЗ содержат следующие пороговые концентрации для двух основных и одного факультативного загрязнителя:

- Формальдегид:  $100 \text{ мкг/м}^3$  (усредненная концентрация за 30 минут)
- $NO_2$ :  $40 \text{ мкг/м}^3$  (среднегодовая концентрация)
- Бензол: невозможно рекомендовать безопасную экспозицию к этому карциногенному соединению. Длительная экспозиция к дозе  $0,17 \text{ мкг/м}^3$  ассоциирована с 1/1 000 000 дополнительным риском развития рака в течение жизни.

Мониторинг выполнения рекомендации ВОЗ по формальдегиду потребовал бы применения пробоотборников со временем усреднения в 30 минут или менее. Это должны были бы быть активные пробоотборники, так как диффузионные пробоотборники требуют гораздо большей длительности отбора при типичных для школ уровнях формальдегида. Так как 30-минутная проба не будет репрезентативной, пришлось бы проводить большое число измерений в каждой точке, чтобы оценить распределение концентраций. Это сделало бы стоимость обследования чрезмерно высокой. В целях снижения стоимости будут использоваться диффузионные пробоотборники в течение одной школьной рабочей недели. Это, однако, сделает невозможным прямую оценку соответствия рекомендациям ВОЗ IAQ. Обследование только предоставит данные для оценки величины проблемы. Аналогично, мониторинг  $\text{NO}_2$  в течение целого года в каждой точке отбора или длительный мониторинг уровней бензола был бы чрезмерно дорогим. Поэтому средние концентрации за неделю, полученные с использованием диффузионных пробоотборников, будут использоваться для оценки величины проблемы.

#### Длительность отбора проб

Отбор проб должен проводиться в течение одной рабочей недели, состоящей из пяти учебных дней, в которые дети присутствуют в школе. Одним из вариантов станет начало отбора в понедельник утром и окончание отбора в пятницу после завершения занятий. В этом случае, однако, рабочая нагрузка будет неравномерной в течение недели, если техникам придется приходить в каждую школу только два раза, в начале и в конце периода мониторинга. Другим вариантом может быть применение гибкого графика, так чтобы процесс отбора проб в разных школах можно было начать в разные дни: например, с утра вторника и до конца занятий в следующий понедельник. Второй вариант предпочтительнее, так как он позволит снизить число техников и упростить организацию и проведение обследования. Однако это только можно сделать, если диффузионные пробоотборники будут закрываться в конце каждого рабочего дня и открываться в начале следующего рабочего дня, так чтобы они были закрыты в выходные дни.

#### Время отбора проб

Задача обследования – охарактеризовать экспозицию во время школьных занятий. Постоянное измерение в течение 24 часов в день может привести к переоценке экспозиции к формальдегиду, который может накапливаться ночью, когда окна закрыты и механическая вентиляция отключена, а также может привести к смещению оценки экспозиции к  $\text{NO}_2$  (направление смещения будет зависеть от вклада источников горения внутри и вне помещений). Возможно, будет разумным закрывать пробоотборники в конце каждого школьного дня и открывать их на следующее утро с целью измерения концентраций только в часы школьных занятий (окончательная рекомендация будет основана на результатах пилотного исследования).

Другим вопросом является сезонная изменчивость концентраций некоторых загрязнителей. Концентрация формальдегида в воздухе внутри помещений может меняться в зависимости от времени года вследствие различной интенсивности эмиссии и вентиляции в зимнее и летнее время. Пиковые сезонные концентрации отмечались в зимнее время в умеренном климате, вследствие ухудшения вентиляции и увеличения эмиссии от материалов и продуктов, таких как краска и мебель, расположенных возле систем отопления и подверженных воздействию высоких температур (однако, летние пики, связанные с высокой температурой, также можно наблюдать в некоторых зданиях, в зависимости от систем вентиляции и отопления). Аналогично, атмосферная концентрация бензола максимальна в зимнее время (атмосферная инверсия, неполное сгорание топлива при пуске холодных двигателей). При наличии источников горения внутри помещения, концентрация  $\text{NO}_2$  также максимальна в помещениях в зимнее время. Таким образом, мониторинг загрязнения воздуха внутри помещений в зимнее время позволит выявить пиковые уровни экспозиции.

Другим вариант – это проведение обследования на протяжении всего учебного года. Это позволило бы охарактеризовать сезонные колебания экспозиции. Однако недостатком такого варианта является то, что были бы потрачены ресурсы на сбор данных в период, когда концентрации загрязнителей воздуха внутри помещений низки. Кроме того, это увеличит дисперсию и снизит точность оценок на уровне страны, так как разброс показателей будет частично объясняться сезонными колебаниями. Наиболее важно то, что оценить долю детей, которые подвержены влиянию недопустимо высокого уровня загрязнителей, будет проблематично в случае использования данных, собранных в период их наименьшей концентрации. Поэтому проведение большей части обследования во время отопительного сезона наиболее предпочтительно, например, в период с ноября по март. Для оценки сезонной изменчивости можно провести менее масштабный мониторинг в теплое время года.

#### Точки отбора проб воздуха в помещениях

В каждой школе необходимо выделить, как минимум, три точки отбора проб в классных комнатах (один пробоотборник на класс), в которых обычно проводят занятия. Классные комнаты, отобранные для мониторинга, должны быть репрезентативными для данного школьного здания. В ходе первоначальной инспекции нужно выявить гомогенные блоки классных комнат. Это, скорее всего, будут классы на каждом этаже либо классы на первом и последнем этажах. Для проведения мониторинга классные комнаты, в которых постоянно находятся ученики, должны быть отобраны в случайном порядке из каждого блока.

Важным фактором в определении стратегии отбора проб является влияние скорости потока воздуха на результаты анализа. Диффузионные пробоотборники обычно требуют минимальный поток воздуха. Так как поток воздуха уменьшается вблизи поверхностей, участники совещания рекомендовали помещать пробоотборники, как минимум, на расстоянии 1 м от стены и на высоте, как минимум, 1,5 м от пола. Однако в реальности пробоотборники нужно будет размещать таким образом, чтобы они были недостижимы для учеников. Возможно, это будет на большей высоте от пола и ближе к стене. Требования по размещению пробоотборников в помещении нужно разъяснить. На фотографиях мест расположения пробоотборников, продемонстрированных на совещании, пробоотборники располагались на шкафах либо в непосредственной близости от стены. Рабочей группой обсуждалось использование вентиляторов рядом с пробоотборниками с целью обеспечения достаточной скорости движения воздуха либо измерение скорости движения воздуха в помещении перед размещением пробоотборников. Окончательные требования будут разработаны после завершения пилотных проектов.

#### Отбор проб воздуха вне помещений

Обследование также будет оценивать концентрации загрязнителей в воздухе вне помещений, так как экспозиция детей также происходит на улице и потому что происходит перенос атмосферных загрязнителей в воздух внутри помещений. Для  $\text{NO}_2$  и бензола важно проводить параллельный отбор проб внутри и вне помещения. Как минимум, одна проба воздуха вне помещения должна быть собрана в каждой школе для каждого загрязнителя. Для формальдегида можно не производить измерения вне помещений в случае ограничений бюджета, так как основные источники этого загрязнителя обычно находятся внутри помещений. Для каждой точки отбора проб вне помещений необходимо зафиксировать расстояние до дороги (и тип дороги) или промышленных источников эмиссии.

#### Информация о человеческой деятельности и потенциальных источниках эмиссии

Факторы, влияющие на качество воздуха внутри помещений, нужно регистрировать и сообщать (источники горения внутри и вне помещений, приготовление пищи и др.). Необходимо также описать окружающую среду вне помещения, включая расстояние до загруженной дороги,

промышленных источников эмиссии и др. Нужно зарегистрировать время начала и окончания занятий, когда ученики находятся в помещении, а также время перемен между уроками. Другие факторы, влияющие на результаты отбора проб – это температура и относительная влажность. (Эти факторы будут регистрироваться для измерения кратности воздухообмена.)

#### Процедуры обеспечения и контроля качества (QA/QC)

Идеальным способом обеспечения сопоставимости полученных результатов является анализ всех проб из региона в одной лаборатории. В то же время, это может быть технически невозможно вследствие высокой стоимости перевозки и отсутствия централизованного финансирования. Более того, проведения анализа проб внутри каждой страны-участника, улучшит восприятие и поддержку обследования, а также позволит нарастить местный опыт и возможности. Должна быть определена референтная лаборатория, которая будет анализировать контрольные пробы из каждой страны. Перед началом обследования в каждой стране также рекомендуется провести тесты на компетентность лабораторий, включающие анализ пробоотборников экспонированных к известной концентрации химикатов. Такие контрольные пробы должны быть подготовлены референтными лабораториями. Участники совещания рекомендовали национальным лабораториям пройти аккредитацию перед началом обследования. Анализ проб будет проводиться только аккредитованными лабораториями. Сертифицированные референтные материалы должны использоваться в круговых тестах на протяжении всего обследования. Нужно будет описать процедуры, которые будут применяться в случае получения неудовлетворительных или противоречивых результатов контрольных тестов. Для работы референтных лабораторий необходимо выделить достаточные ресурсы.

Процедуры QA/QC будут также включать компоненты, которые будут выполняться в каждой стране. Нужно собрать, как минимум, 10% дублированных проб. Также должна собираться, как минимум, одна холостая проба или бланк (пробоотборник, который помещается в класс, но не открывается) в каждой школе (некоторые типы пробоотборников включают в себя функцию отбора холостых проб). В дополнение, хотя бы один лабораторный бланк должен быть включён в каждую партию проб.

#### Сообщение результатов в школы и национальным регулирующим органам

Существует несколько вариантов доведения результатов обследования до сведения участвующих школ или местных отделов образования, включая национальное распределение значений концентраций и других результатов обследования, результаты по конкретной школе, их место в контексте национального распределения результатов и т.д. Если результаты мониторинга будут сообщаться в школы, их необходимо будет подробно объяснять и ставить в контекст существующих стандартов и рекомендаций, а также потенциального воздействия на здоровье.

#### **Специальные процедуры для двуокиси азота**

Подробный протокол отбора проб NO<sub>2</sub> находится в документе ISO CEN TC 264 WG11 – ISO 16000-15.

#### Диффузионные пробоотборники

На рынке доступно несколько моделей диффузионных пробоотборников для NO<sub>2</sub> и существуют общие рекомендации по отбору и использованию пробоотборников. В ходе совещания было решено, что будут использоваться пробоотборники на основе адсорбента триэтаноламина. Их обычно анализируют методом спектрофотометрии после десорбции растворителя, но можно также использовать ионную хроматографию.

### Размещение пробоотборников

Пробоотборник должен размещаться, как минимум, на расстоянии 1 м (в идеале 2 м) от стены и 1,5 м от пола. Достаточно одного пробоотборника каждого типа на комнату для большинства классов (дублированные пробы будут собраны в ряде комнат с целью QA/QC). Все пробоотборники необходимо размещать так, чтобы свести к минимуму вмешательство в обычную деятельность в классе, предпочтительно вне пределов досягаемости учеников. Пробоотборник для воздуха вне помещения должен размещаться, как минимум, на расстоянии 5 м от здания. Пробоотборники нужно размещать в защищённом укрытии, чтобы избежать попадания прямых солнечных лучей и осадков. Пробоотборники внутри помещения нельзя располагать вблизи систем отопления или каналов вентиляции, а также в местах заметного сквозняка.

### Хранение и обработка проб

После окончания отбора проб пробоотборники необходимо поместить в запечатанную защитную емкость и хранить в морозильнике до момента анализа. Анализ в идеале должен производиться в течение 2 недель с момента отбора проб.

### Лабораторный анализ

Для лабораторного анализа должны использоваться спектрофотометры UV-Vis. Более подробную информацию можно найти в стандарте ISO 16000-15.

## **Специальные процедуры для формальдегида**

Детальные протоколы отбора проб для формальдегида можно найти в документах ISO 16000-4 и ISO 16000-2.

### Диффузионные пробоотборники

Пары формальдегида мигрируют в пробоотборник путем диффузии. Они собираются в форме устойчивого гидразона на полоске целлюлозной бумаги с силикатным гелем, покрытой 2,4-динитрофенилгидразином (DNPH) и фосфорной кислотой.

### Размещение пробоотборников

Размещение пробоотборника в помещении может оказать значительное влияние на результат. Отбор проб вблизи вероятного источника эмиссии зачастую приводит к выявлению более высоких концентраций по сравнению с пробами, отобранными в других местах того же помещения. Например, измерение концентрации формальдегида вблизи новой мебели из древесностружечной плиты может привести к завышению оценки экспозиции к формальдегиду у людей, находящихся в комнате.

### Информация о человеческой деятельности и потенциальных источниках эмиссии

В дополнение к информации о занятии классной комнаты и деятельности учеников, в записях необходимо отразить потенциальные источники эмиссии, такие как новая мебель, недавний ремонт в классах, использование химикатов и др.

### Хранение и обработка проб

После завершения отбора проб пробоотборники необходимо поместить в запечатанную защитную емкость и хранить в заморозке до момента анализа. Анализ в идеале должен производиться в течение 2 недель с момента сбора проб.



### Лабораторный анализ

Гидразон десорбируется из пробоотборника ацетонитрилом и раствор анализируется при помощи высокоэффективного жидкостного хроматографа (HPLC), оборудованного ультрафиолетовым детектором. Рекомендации по безопасности работы в лаборатории должны быть включены в прокол обследования.

### **Бензол и родственные соединения**

В ходе совещания не обсуждались специальные процедуры по оценке концентрации бензола (факультативный загрязнитель). Подробный протокол отбора проб можно найти в документе ISO 16017-часть 2.

### **Методика мониторинга интенсивности воздухообмена внутри помещений**

Недостаточную вентиляцию в школах связывают с развитием респираторных и других симптомов, инфекционных заболеваний и ухудшением академической успеваемости. Плохая вентиляция также вызывает повышение уровней химических загрязнителей, а также появление плесени и сырости. Проблема недостаточной вентиляции в школах широко распространена. Однако нет репрезентативных и сопоставимых данных для сравнения этого показателя по всему европейскому региону и данных по многим европейским странам. Данный проект станет первым комплексным обследованием во всем регионе для изучения масштаба этой проблемы.

В то время, как недостаточный обмен воздуха приводит к снижению качества воздуха внутри помещений, целью не обязательно максимальное увеличение интенсивности вентиляции. Так как большая интенсивность воздухообмена во время отопительного сезона также приводит к большему потреблению энергии для отопления и механической вентиляции, вентиляцию нужно оптимизировать для того, чтобы сбалансировать качество воздуха и энергетические затраты. Концентрации загрязнителей воздуха, попадающих из воздуха вне помещений, таких как PM<sub>2.5</sub>, также могут повышаться с увеличением вентиляции. Поддержание адекватной вентиляции также не заменяет и не снижает необходимость контроля источников эмиссии вредных веществ внутри помещений.

Интенсивность воздухообмена в помещении непостоянна. Поэтому более длительные измерения в течение целой недели необходимы для описания преобладающих условий в каждом классе. Использование CO<sub>2</sub>, выдыхаемого присутствующими, в качестве индикаторного газа позволяет получить целый ряд преимуществ, например, простоту измерений и возможность использования отлаженной методологии. Для оценки динамической интенсивности вентиляции нужны продолжительные данные по CO<sub>2</sub> внутри и вне школьного здания.

Предпочтительно приобрести портативные мониторы CO<sub>2</sub> с возможностью сохранения данных. На рынке доступно большое количество автоматических детекторов CO<sub>2</sub>. Некоторые из этих устройств могут также записывать температуру, относительную влажность и концентрацию CO. В зависимости от функциональности, стоимость таких мониторов колеблется от \$150 до \$600. Модели, которые могут также записывать температуру и относительную влажность, предпочтительны, несмотря на более высокую стоимость. Подходящие мониторы должны измерять концентрации CO<sub>2</sub> в большом диапазоне, начиная от содержания его в атмосферном воздухе (300-400 ppm (частей на миллион)) и до 5000-6000 ppm (такую концентрацию можно выявить в плохо вентилируемых классных комнатах). Общее число мониторов нужно рассчитать с учетом необходимости в некотором количестве запасных устройств, например, для калибровки и замены на время ремонта. В идеале, все оборудование необходимо закупить

централизованно. Это позволит снизить стоимость, использовать одинаковые процедуры и упростит организацию общего обучения.

Интерпретация данных измерений требует информации о присутствующих в помещении людях (количество, распределение по возрасту и полу, а также уровень физической активности) во время измерений. Кроме того, необходимо зарегистрировать все мероприятия по вентиляции и отоплению. Интенсивность вентиляции как функция времени должна быть определена при помощи динамической модели. Результаты мониторинга в каждом классе нужно представить первоначально как распределение интенсивности вентиляции, отражающее временную изменчивость этого параметра. Необходимо отметить, что в государствах-членах установлен различный показатель целевой интенсивности вентиляции - 6 или 7 л/сек на ученика. Дальнейший анализ может включать дихотомизацию данных с использованием определенных точек отсечения.

Измерения интенсивности вентиляции в одной классной комнате могут не быть репрезентативными для других классных комнат в здании. Поэтому измерения нужно проводить в нескольких классах параллельно (предпочтительно в трех классных комнатах, где размещаются пробоотборники для химических загрязнителей). Так как естественная вентиляция зависит от погоды, необходим сбор местной метеорологической информации (температура, скорость ветра, влажность).

Метод на основе измерения уровня  $\text{CO}_2$  применим в школах с естественной вентиляцией, механической вытяжной вентиляцией, а также для систем полной механической вентиляции без рециркуляции воздуха. В школах, где используется полная механическая вентиляция с рециркуляцией воздуха по всему зданию, необходимо использовать альтернативные методы измерения интенсивности вентиляции в классах, либо применять расчеты на основе параметров системы вентиляции или реального притока и вытяжки воздуха из помещения. В Финляндии большая часть школ использует механическую вентиляцию. Хотя похожая ситуация может быть в других скандинавских странах, использование механической вентиляции вне этого региона встречается редко. Большинство современных систем механической вентиляции используют теплообменники и не рециркулируют воздух. Лишь часть более старых систем использует такую технику. Необходимо определить сопоставимость данных, полученных с использованием различных техник измерения интенсивности вентиляции. Например, можно провести параллельное определение интенсивности вентиляции, измеряя концентрацию  $\text{CO}_2$  и используя другие методы, такие как определение концентрации индикаторного газа  $\text{SF}_6$ , в школах с естественной вентиляцией. Может быть возможным сравнить измерения кратности воздухообмена с использованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{SF}_6$  в Португалии, где проводятся мероприятия в этой области. Однако использование  $\text{SF}_6$  может быть менее приемлемым, так как применение индикаторного газа внутри школ может быть проблематичным с логистической и организационной точек зрения. Так как доля школ, использующих механическую вентиляцию с рециркуляцией воздуха, по-видимому, невелика, обсуждение на совещании сконцентрировалось на использовании мониторинга концентрации  $\text{CO}_2$ , который может применяться в большинстве школ Региона.

Проблема недостаточной вентиляции, вероятнее всего, более выражена в холодное время года, когда окна и двери закрыты большую часть времени, возможно, также запечатаны. С другой стороны, силы естественной вентиляции обычно сильнее в холодное время года вследствие большей разницы температуры внутри и вне помещения. Поэтому также рекомендуется проводить мониторинг в теплое время года. Его целью будет описание сезонной изменчивости в различных регионах. В целях снижения стоимости, в теплое время года можно проводить мониторинг в меньшем количестве школ.

В каждой школе будет, как минимум, четыре монитора CO<sub>2</sub>, включая монитор, который будет использоваться для измерения концентрации CO<sub>2</sub> вне помещения. В одном из классов можно также установить два монитора с целью контроля качества. Исходя из опыта программы сбора данных о кратности воздухообмена в Финляндии, один техник может параллельно обслуживать от двух до четырех школ, находящихся на расстоянии 10 км. В целом, понадобится закупить от 8 до 16 портативных мониторов CO<sub>2</sub> для каждого техника.

Сырые данные по мониторингу уровня CO<sub>2</sub>, температуры и относительной влажности необходимо предоставить вместе с данными о присутствующих и деятельности в помещении для централизованной обработки и анализа интенсивности воздухообмена.

## **Методика оценки наличия сырости и плесени в школьных зданиях**

Было показано, что сырость и наличие плесени в жилых домах приводит к развитию астмы, респираторных и инфекционных заболеваний, в то время как устранение сырости и плесени приводит к снижению такой заболеваемости. Необходимо учитывать наличие обоих факторов, сырости и плесени, так как они оба оказывают воздействие на здоровье. Доля пораженных помещений в каждой школе должна оцениваться в ходе инспекций, проводимых обученными техническими специалистами. Для целей настоящего обследования комната считается пораженной, если в ней более 1 м<sup>2</sup> покрыто видимой плесенью или если присутствует значительное повреждение вследствие сырости, протечки, скопление влаги или запах плесени.

Целью настоящего обследования является оценка распространенности сырости и плесени в школах Европейского региона ВОЗ на уровне каждой страны. Так как настоящее обследование не является научным проектом, оно не будет включать оценку воздействия на здоровье детей. Кроме того, областью интереса настоящего обследования являются только школы. Оно не будет включать сбор данных об экспозиции к плесени или сырости в жилых домах, даже если домашняя микросреда может быть более важной. Кроме того, базовый дизайн обследования не будет включать измерение плесневых спор в воздухе внутри помещения и химических индикаторов заражения плесенью или роста бактерий. В то же время, отдельные страны при желании могут включить дополнительные параметры в национальные обследования.

В ходе совещания обсуждалось два основных подхода. Более дешевый, но менее надежный подход состоит в проведении анкетирования школьной администрации по вопросам наличия протечек/сырости/плесени в школе (самооценка). Более дорогостоящий подход, который, однако, дает более надежные данные, включает инспекции школ обученными техниками. Также обсуждался сочетанный подход с использованием иерархического дизайна, в котором большее число (300-500) школ проведут самообследование и часть этих школ будет проинспектирована с целью контроля качества и оценки частоты ошибок в процессе самооценки. Было отмечено, что уровень информированности о проблеме с плесенью/сыростью различается в странах Региона, что может повлиять на процессы самооценки и результаты обследования. Также школы могут преднамеренно пере- или недооценить проблемы с сыростью и плесенью. Было принято решение о необходимости обследования силами обученных техников для того, чтобы собрать сопоставимые данные по региону.

Инспекции школ потребуют недеструктивной, преимущественно визуальной оценки школьного здания с использованием стандартных оценочных листов. Оценка будет включать общее описание школы, оценку систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), состояния и технического обслуживания здания, видимых повреждений вследствие сырости, наличия поверхностной влаги и оценку наличия сырости и плесени. Инспекции потребуют наличия обученного персонала. В то время как люди, обладающие знаниями в области

строительных технологий, идеально подходят для этой цели, можно нанять работников без таких знаний при условии прохождения ими стандартизованного обучения. Обучение персонала нужно централизовать, чтобы добиться общего понимания в определении сырости и плесени. Субъективные наблюдения могут привести к несопоставимости данных. Небольшая группа техников из каждой страны должна быть обучена в центральном обучающем центре (будет определен) на английском языке (а также на русском, если нужно). Они затем вернутся в свою страну с обучающими материалами и проведут обучение остальных членов команды на местном языке. В небольших странах обучение всех работников можно провести на английском языке.

Оборудование для проведения инспекций включает монитор температуры/относительной влажности (эта функция может присутствовать в детекторах CO<sub>2</sub>), измеритель поверхностной влаги (практичность использования монитора поверхностной влаги вместо визуальной инспекции нужно оценить в пилотных исследованиях), цифровой фотоаппарат, рулетку, фонарь, перчатки и т.д. Рекомендуемая базовая информация, которую нужно собрать в школе, включает данные о людях, находящихся в помещении, деятельности в помещении (включая техническое обслуживание), годе постройки, типе структуры, истории повреждений от воды, информацию о сырости и плесени, сообщаемую администрацией школы, жалобы на качество воздуха внутри помещений и соответствующих расследования проводимые местными властями, а также меры, принятые для исправления ситуации. Обученный техник проведет инспекцию с заполнением стандартных оценочных листов, переведенных на местный язык (стандартная версия на английском языке будет разработана на основе материалов проведенных в прошлом проектов, таких как Health effects of Indoor pollutants integrating microbial, Toxicological and Epidemiological Approaches, HITEA), сделает цифровые фотографии и проведет оценку сырости, плесени и повреждения от влаги/воды. Техники также будут использовать измерители поверхностной влаги для неdestructивного измерения излишней влаги в здании. На основе опыта предыдущих исследований, проведение такой инспекции в одной школе одним техником может занять целый день. Реальное время зависит от размера школы, типа здания и условий. Подход необходимо апробировать в пилотных проектах, в которых будут регистрироваться временные затраты технического персонала. После завершения пилотных проектов будет необходимо разработать детальные рекомендации по проведению инспекций на предмет выявления сырости/плесени, которые позволят техникам сократить время инспекции при условии получения адекватного качества данных.

Данные из оценочных листов и замеры поверхностной влаги будут вноситься в стандартизованные компьютерные базы данных с использованием стандартных форм ввода данных (базы данных и формы для ввода данных нужно будет разработать для настоящего обследования и апробировать в ходе пилотных проектов). Предварительная обработка данных будет проводиться на уровне страны с использованием стандартизованных процедур, включая процедуры обеспечения и контроля качества данных. Нужно определить, будет ли проводиться анализ данных на национальном или международном уровне. В случае национального анализа ВОЗ получит только статистические сводки данных. Для подготовки таких сводок нужно разработать специфические требования, включая список статистических параметров.

Данные обследования HITEA ([www.hitea.eu](http://www.hitea.eu)) можно использовать в качестве первоначальной оценки распространенности повреждений от влаги и сырости в школах. Это обследование было проведено в трех странах (Финляндия, Испания, Нидерланды). В обследовании HITEA использовался иерархический подход: на первом этапе в школы был разослан скрининговый опросник для оценки распространенности повреждений от влаги/сырости и плесени в каждой стране. На втором этапе проводились детальные инспекции строений в части школ для оценки повреждений здания. Проблемы с сыростью или плесенью были выявлены в 24-48% школ в разных странах.

Рабочая группа добровольцев продолжит разработку оценочных листов, обучающих материалов и рекомендаций, протокол осмотра, анализа данных и других вопросов. Предварительный методологический документ нужно будет апробировать в пилотных обследованиях в избранных странах. Рабочая группа должна включать эксперта, участвовавшего в разработке рекомендаций ВОЗ по плесени для обеспечения сопоставимого подхода, а также экспертов из различных европейских стран/климатических регионов, обладающих знаниями по региональным проблемам с сыростью/плесенью. Вопрос измерений поверхностной влаги также нужно решить и указать специфические параметры оборудования для стандартного протокола обследования.

## **Дизайн обследования и объем выборки**

### **Общие соображения**

Целью предлагаемого обследования является описание величины конкретной проблемы и мониторинг временных трендов в каждой стране. Поэтому данные, суммированные на уровне страны, будут использоваться в индикаторах ENHIS, а также в отчётах по оценке исходной ситуации и по прогрессу в выполнении Пармских обязательств, которые будут подготовлены для лиц, принимающих решения. Обследование будет иметь достаточную статистическую мощность для демонстрации существенных изменений во времени для каждого индикатора на общепринятом уровне статистической значимости ( $\alpha = 0,05$ ). В ходе совещания было предложено, что обследование должно быть способным продемонстрировать 10%-20% изменение специфического параметра по сравнению с его базовым уровнем.

Рекомендации по разработке национальных обследований должны указать минимальные объемы выборки в плане количества школ для указанных категорий стран (например, маленькие и большие страны). Отдельные страны могут использовать больший объем выборки с целью описания пространственной изменчивости внутри страны или тенденций во времени в субнациональных регионах. На расчеты минимального объема выборки влияют параметры дизайна обследования, такие как вариабельность концентраций определенного загрязнителя внутри и между школами, использование кластеров и стратификации.

Базовое обследование в 2012 – 2013 годах предоставит данные для сравнения стран и оценки величины конкретных проблем. Как минимум, еще один раунд обследования будет проведен до Шестой министерской конференции в 2016 году. Таким образом, оценка изменений во времени в каждой стране будет основана, как минимум, на двух обследованиях. Минимальный объем выборки должен быть достаточным для оценки всех основных загрязнителей (формальдегида, NO<sub>2</sub>, интенсивности вентиляции, сырости/плесени).

### **Кластерный стратифицированный дизайн**

Проведение обследования в каждой школе станет слишком дорогостоящим и затратным по времени для большинства стран. Поэтому обследование нужно будет проводить в случайной выборке школ. Случайная выборка школ из общего списка всех школ является приемлемым решением только для маленьких стран. В странах среднего размера и крупных странах этот подход был бы слишком трудным логистически и дорогостоящим вследствие больших расстояний между школами и высокой стоимости перевозок и трудозатрат. В таких странах будет необходимо провести двухступенчатый рандомизированный кластерный отбор школ. Географически компактные кластеры (например, города или административные районы) будут определены методом случайного отбора с использованием стратификации. Стратификация

потребуется деления кластеров на группы с последующим проведением случайного отбора кластеров в каждой группе. Обязательным фактором стратификации станет деление на городские и сельские местности. В самых крупных странах различные климатические зоны и/или исторические, культуральные или географические регионы будут отобраны местными экспертами для определения дополнительного фактора стратификации. Таким образом, в гипотетической крупной стране с двумя выделенными географическими регионами (например, восток/запад) выбор кластеров будет производиться независимо в каждой из четырех страт (восток-город, восток-село, запад-город, запад-село). После этого будет произведен случайный отбор школ в каждом выбранном кластере.

Стратификация приводит к повышению эффективности обследования, если специфичные для страт средние значения показателей значительно различаются. Например, в ходе исследования, проведенного в Испании, было показано, что концентрации  $\text{NO}_2$  были значительно выше в городских школах (медиана  $22,2 \text{ мкг/м}^3$ ) по сравнению с сельскими школами (медиана  $10,7 \text{ мкг/м}^3$ ) (Esplugues et al. 2010 Indoor and outdoor concentrations and determinants of  $\text{NO}_2$  in a cohort of 1-year-old children in Valencia, Spain. Indoor Air 20: 213–223). Степень повышения эффективности при использовании стратифицированного дизайна будет оценена на более поздней стадии при помощи метода симуляций Монте Карло на основе результатов пилотных проектов в отдельных странах.

Участники совещания также обсуждали использование дополнительных факторов стратификации для школ внутри отдельных кластеров, например, по типу здания (одноэтажное, двухэтажное, многоэтажное здание), размеру школы, категории школы (начальная или средняя, государственная или частная) или типу системы вентиляции (механическая или естественная). Для обеспечения возможности такой стратификации, потребовался бы надежный список школ и их характеристик (размер, тип здания и др.) на стадии подготовки обследования. Такие данные, возможно, нелегко получить во многих странах региона. Кроме того, дополнительная стратификация не гарантирует значительного повышения эффективности обследования. Поэтому вышеописанная более простая схема стратификации предпочтительна.

В то время как кластерный дизайн позволит снизить стоимость транспортировки и повысить техническую выполнимость сбора данных, он может вызвать некоторое снижение эффективности. Так как вариабельность качества воздуха между школами в рамках компактного кластера меньше, чем в целой стране, кластерный дизайн требует большего объема выборки для достижения той же статистической мощности обследования. Наоборот, стратификация может привести к повышению эффективности по сравнению с простой рандомизированной выборкой. Ключевое отличие стратификации от кластеризации заключается в том, что в первом случае случайная выборка делается из каждой страты, в то время как во втором случае изучаются только отдельные кластеры. Эти различия можно оценить количественно с использованием предположений об отношении дисперсий отдельных загрязнителей во всей стране и внутри кластеров и страт, и применением статистических симуляций.

В качестве кластеров можно использовать административные единицы подходящего размера. Использование административных единиц дает преимущества, так как для организации обследования будет необходимо сотрудничество и поддержка со стороны местной администрации. Альтернативным подходом может стать использование блоков переписи населения в качестве кластеров. Так как размеры административных единиц и блоков переписи различаются в разных странах, определения кластеров и процедуры отбора нужно описать для каждой страны на стадии разработки национального протокола обследования.

С точки зрения точности определения параметров, дизайн с большим количеством кластеров и малым числом школ в каждом кластере предпочтителен по сравнению с дизайном,

подразумевающим малое число крупных кластеров и большое число школ в каждом из них. Однако, с точки зрения логистики, проще организовать сбор данных, когда каждый кластер включает большое число школ, так чтобы группа техников могла использовать единую организационную инфраструктуру и работать под руководством местного координатора. Кроме того, в случае небольшого числа крупных кластеров будет проще получить все необходимые разрешения на работу. Таким образом, реальный размер кластеров в плане числа школ нужно будет определить с учетом особых условий в каждой стране. В популяционных обследованиях чаще всего используется 30 домов на кластер, однако нет статистического обоснования того, что 30 – это идеальное количество. Таким образом, в качестве целевого значения можно использовать около 30 школ в кластере.

Для отбора кластеров, координаторы обследования в каждой стране должны будут подготовить полный список географических и климатических регионов (в больших странах), а также список кластеров в каждом регионе или во всей стране. Кластеры затем нужно будет классифицировать как городские и сельские. Так как в географических кластерах будет разный объем населения и количество школ, нужно определить, выбирать ли кластеры с одинаковой вероятностью или вероятность выбора должна быть пропорциональной размеру кластера. Последний способ даст меньшую стандартную ошибку, но потребует использования более сложных формул и методов анализа данных. Внутри каждого кластера школы необходимо отбирать случайным методом. В каждом кластере нужно отобрать постоянное количество школ, чтобы рабочая нагрузка в каждом кластере была одинаковой.

Вероятность выбора конкретной школы внутри кластера может быть пропорциональной числу учеников в данной школе. Будет необходимо собрать информацию о числе учеников в каждой школе и оценить средневзвешенную экспозицию на национальном уровне, учитывая реальный размер участвующих школ, а также общий объем популяций городских и сельских школ и популяций каждого географического/климатического региона (для крупных стран). Альтернативный подход может использовать постоянную вероятность выбора школы, независимо от ее размера. Этот подход может быть более простым с точки зрения логистики.

В каждой школе нужно отобрать классные комнаты при помощи процедуры стратифицированного рандомизированного отбора. Список классных комнат с фактором(ами) стратификации должен быть подготовлен для каждой школы. Факторы стратификации могут включать этаж (как минимум, одна классная комната на каждом этаже), близость источников загрязнения вне здания («загрязненная» сторона здания или «чистая» сторона) или наличие источников загрязнения внутри помещения. Потенциальными проблемами стратификации по уровню экспозиции являются его субъективность и тот факт, что обследование призвано оценить экспозиции к различным факторам. Поэтому предпочтительна случайная выборка классных комнат на каждом этаже либо только на первом и последнем этажах.

Другой вопрос дизайна, который нужно решить – это проведение обследования в теплое и холодное время года. По-видимому, в южных странах, где принудительная вентиляция встречается редко, качество воздуха внутри помещений во время теплого сезона, скорее всего, будет похоже на качество воздуха вне помещений, так как окна остаются открытыми большую часть времени. Было предложено проводить основное обследование в холодное время года. Пилотных проекты должны включить обследование в небольшом количестве школ в теплое время года, чтобы определить, нужно ли проводить обследования в ограниченном масштабе в теплое время года.

## **Повторные обследования в тех же школах или независимый отбор школ для каждого раунда обследования**

Важным фактором, который повлияет на требуемый объем выборки, является проведение последующих обследований в тех же либо других случайно выбранных школах. Дизайн с повторным формированием выборки (те же школы) значительно более эффективен (требует меньшего объема выборки). В то же время, он может привести к проблемам, если результаты будут сообщаться в школы и администрация школ с серьезными проблемами с качеством воздуха примет меры по исправлению ситуации. В этом случае, наблюдаемое улучшение во времени будет лишь характеризовать набор школ, участвующих в обследовании и не будет отражать ситуацию во всей стране.

В ходе совещания было принято решение, что каждый раунд обследования будет проводиться в новой независимой случайной выборке школ. Если размер кластера достаточно велик, так что для участия в каждом раунде обследования отбирается лишь небольшая доля школ из каждого кластера, новый набор школ можно выбрать из тех же кластеров. В ином случае, будет необходим выбор новых кластеров. Первый вариант может быть дешевле и проще с точки зрения организации. Кроме того, если изменчивость параметров внутри кластеров меньше, чем между кластерами, повторный отбор из тех же кластеров будет более эффективен.

Важным вопросом, который необходимо отразить в рекомендациях, является обмен информацией с участвующими школами. В протоколе обследования необходимо указать, предоставляется ли информация на уровне школ, городов и/или стран. Специальные рекомендации по предоставлению информации в школы будут включены в методологические рекомендации. Для того, чтобы проверить, приняты ли меры по улучшению ситуации в школах с серьезными проблемами с качеством воздуха внутри помещения (сильно загрязненные или недостаточно вентилируемые классные комнаты, наличие плесени или сырости), такие школы нужно включить в повторное обследование в качестве отдельной группы. Результаты повторного обследования в таких «проблемных» школах будут использоваться с целью предоставления информации школьной администрации и местной администрации. Такая информация поможет им получить представление о том, как решаются проблемы с качеством воздуха, выявленные в ходе предыдущего раунда обследования. Такие школы не будут включаться в оценку экспозиции по стране и оценку временного тренда.

## **Предварительная оценка объема выборки**

### Расчет объема выборки для оценки экспозиции к химическим загрязнителям воздуха внутри помещений

С целью оценки объема выборки было выполнено логарифмическое преобразование имеющихся данных по концентрациям NO<sub>2</sub> и формальдегида, так как распределения имели правую асимметрию и примерно лог-нормальное распределение. Так как не существует аналитических формул для определения минимального размера выборки для обследований, включающего несколько факторов стратификации и кластеризацию, окончательная оценка объема выборки будет основываться на статистических симуляциях. Анализ, представленный в Таблице 1, основан на следующей формуле расчета объема выборки для определения концентраций загрязнителей воздуха внутри помещений в конкретной стране с конкретным уровнем точности:

$$n = Deff \cdot \frac{1.96^2}{e^2} CV^2$$



где  $e$  - это точность определения, 1,96 –  $z$ -критерий для общепринятого 95% доверительного интервала (мы хотим быть уверенными на 95%, что популяционное среднее значение находится в диапазоне среднее значение по выборке  $\pm e\%$ ).  $CV$  - это коэффициент вариации переменной, определяемый как стандартное отклонение логарифмически преобразованной переменной, разделенное на ее среднее,  $CV = sd/mean$ .  $Deff$  - это эффект дизайна, который представляет поправку на потерю эффективности вследствие применения кластеров вместо простого случайного отбора. На значение  $Deff$  влияет степень однородности уровней загрязнения в школах одного и того же кластера и количество школ на кластер. Вариация между стратами также влияет на значение  $Deff$ . На базе анализа литературы, значение 2 принимается для кластерного дизайна, который будет применяться в крупных странах, и значение 1 для небольших стран, где будет использоваться простой случайный отбор без кластеризации.

Данные в Таблице 1 показывают, что значение  $CV$  значительно различается в разных городах и странах, что оказывает значительное влияние на оценку необходимого объема выборки. Значения  $CV$  для  $NO_2$  и формальдегида ( $CH_2O$ ) значительно перекрываются, из чего можно сделать вывод о том, что различия в устройстве школ и системах вентиляции определяют необходимый объем выборки. Необходимо также отметить, что значения  $CV$  для отдельных городов в исследовании Exopolis, в которое не были включены сельские школы, могут недооценивать потенциальный разброс концентраций загрязнителей на уровне страны. Кроме того, данные о разбросе уровней загрязнения между школами существуют только для стран Западной Европы и Австралии. Уровень различий в устройстве школ, источниках эмиссии и других значимых условий может быть другим в восточной части Европейского региона. Для оценки объема выборки для гипотетического высокого значения  $CV$  в Таблицу 1 включена строка для  $CV = 0,4$ .

Оценки объема выборки показывают, что в небольших странах необходимо будет примерно в 100-150 школ (дизайн без кластеризации,  $Deff = 1$ ), а в крупных странах вдвое большее число школ ( $Deff = 2$ ) для того, чтобы определить концентрации  $NO_2$  и формальдегида с точностью 4%, если значения  $CV$  попадут в диапазон данных из проведенных ранее исследований. В случае высокого значения  $CV$ , такой же объем выборки позволит достичь 8% точности.

Следующая формула расчета объема выборки для сравнения двух групповых средних при помощи  $t$  теста для независимых выборок использовалась для оценки необходимого объема выборки для выявления указанного временного изменения концентрации загрязнителей на уровне страны:

$$n = Deff * \left[ 1 + 2C \left( \frac{s}{d} \right)^2 \right]$$

где  $s$  – это стандартное отклонение,  $d$  – изменение во времени, которое надо выявить, а  $C$  – это константа, значение которой зависит от уровня статистической значимости  $\alpha$  и вероятности ошибки  $\beta$  ( $1 - \beta$  – статистическая мощность исследования):

$$C = (z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2$$

где значения  $z$  получают из стандартного нормального распределения. В случае общепринятого уровня значимости,  $\alpha = 0,05$  и двустороннего тестирования нулевой гипотезы,  $z_{\alpha/2} = 1,96$ ; значения  $\beta$  варьируют в зависимости от мощности исследования. Например, для 80% мощности,  $\beta = 0,2$  и  $z_{\beta} = 0,84$ .

Оценки объема выборки для демонстрации временных изменений между двумя раундами обследования приведены в Таблице 1. Эти оценки рассчитаны для двух значений величины

эффекта, 15% изменения и 10% изменения в средних концентрациях загрязнителей, двух уровней мощности исследования, 80% и 90%, и двух категорий стран, маленьких ( $Deff = 1$ ) и больших ( $Deff = 2$ ). Эти данные показывают, что показатель  $CV$  оказывает значительное влияние на оценки объема выборки. Объемы выборок в 100-150 школ для небольших стран и 200-300 школ для больших стран будет достаточно для обеспечения 80-90% статистической мощности для демонстрации 10%-ного изменения концентраций загрязнителей при уровне статистической значимости 0,05. В случае высокого  $CV$ , аналогичного объема выборки будет достаточно для обеспечения 80-90% мощности для выявления 15%-ного изменения в уровнях загрязнения воздуха внутри помещений.

Взаимосвязи между  $CV$  и объемом выборки показаны на Рис. 1. Этот анализ показывает, что объем выборки в 100 школ приведет к достижению мощности исследования 0,8 для выявления 15%-ного изменения при  $CV = 0,38$ . В крупных странах, где будет использоваться кластеризация, потребуется в два раза больший объем выборки для выявления такого же изменения экспозиции во времени.

#### Объем выборки для оценки экспозиции к плесени и сырости

Эти предварительные расчеты основаны на предположении, что данные будут дихотомизированы на уровне школы. Используя нормальную аппроксимацию биномиального распределения, точность оценки доли школ, в которых есть проблема с плесенью/сыростью, с доверительным уровнем 95% при поперечном анализе приведена на Рис. 2А. Для выборки из 100 школ 95% доверительный интервал для 20% распространенности составит  $\pm 7,8\%$  или (12,2%, 27,8%); для 50% распространенности этот интервал составит  $\pm 9,8\%$ .

Требуемый объем выборки был также оценен для различных процентов уменьшения или увеличения распространенности плесени/сырости между двумя раундами обследования и разных уровней мощности исследования (Рис. 2Б) с использованием следующей формулы для двустороннего статистического теста:

$$n = Deff * (z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2 * \left[ \frac{p_0(1-p_0) + p_1(1-p_1)}{(p_1 - p_0)^2} \right]$$

где  $n$  – это размер выборки,  $p_0$  – это начальная распространенность плесени/сырости в исходной выборке школ и  $p_1$  – распространенность при повторном обследовании. Для этого анализа значение  $Deff$  было установлено на уровне 1. Уровень статистической значимости установлен на уровне  $\alpha = 0,05$ .

Рис. 2Б показывает, что оценка объема выборки зависит от базовой распространенности (самый большая выборка для распространенности около 50%). Если базовая распространенность составляет 20%, объем выборки для мощности 80% для выявления снижения распространенности на 12% (с 20% до 8%) должен составить 127 школ. Для постоянной величины эффекта и мощности обследования, объем выборки максимален при условии примерно 50%-ной базовой распространенности.

Для более крупных стран, где будет использоваться кластеризация, объем выборки должен быть в два раза больше ( $Deff = 2$ ) при аналогичной мощности обследования и величине эффекта. В этой группе стран выборка из 300 школ позволит достичь 80% мощности для выявления снижения распространенности с начальных 40% на 15%.

Необходимо отметить, что достижение значительного снижения встречаемости плесени и сырости в школьных зданиях потребует координированных усилий на национальном уровне и, вероятно, займет более двух лет. Поэтому оценка изменения экспозиции во времени потребует

более двух обследований. Программа обследований должна быть продолжена, как минимум, до крайнего срока выполнения соответствующего обязательства Пармской конференции в 2020 году.

#### Рекомендации по объему выборки

На основе данного предварительного анализа рекомендуемый объем выборки составляет от 100 школ для маленьких стран с гомогенными условиями до 300 школ в крупных странах, где наблюдается значительная вариация климатических условий и строительных технологий. Эти рекомендации будут доработаны после получения результатов пилотных обследований и проведения статистических симуляций с учетом кластерного стратифицированного дизайна обследования. Возможно, что потребуются больший объем выборки для оценки экспозиции к плесени и сырости, по сравнению с химическими загрязнителями воздуха. В этом случае, некоторые школы будут обследоваться только на предмет наличия сырости и плесени.

Таблица 1. Требуемый объем выборки для демонстрации, при общепринятом уровне статистической значимости, указанного изменения уровней загрязнения между двумя последовательными раундами обследования в стране.

Город/страна и загрязнитель	CV	Объем выборки для поперечного анализа				Объем выборки для анализа временных изменений (2 раунда обследования)							
		Точность 4%		Точность 8%		Изменение 15%, мощность 80%		Изменение 15%, мощность 90%		Изменение 10%, мощность 80%		Изменение 10%, мощность 90%	
		Deff=1	Deff=2	Deff=1	Deff=2	Deff=1	Deff=2	Deff=1	Deff=2	Deff=1	Deff=2	Deff=1	Deff=2
NO <sub>2</sub> , Базель <sup>1</sup>	0,25	150	300	38	76	45	90	59	118	99	198	132	264
NO <sub>2</sub> , Хельсинки <sup>1</sup>	0,21	106	212	26	52	32	64	42	84	70	140	94	188
NO <sub>2</sub> , Оксфорд <sup>1</sup>	0,23	127	254	32	64	38	76	50	100	84	168	112	224
NO <sub>2</sub> , Прага <sup>1</sup>	0,14	47	94	12	24	15	30	19	38	32	64	42	84
NO <sub>2</sub> , Австралия <sup>2</sup>	0,27	175	350	44	88	52	104	69	138	115	230	154	308
<b>Среднее для NO<sub>2</sub></b>	0,22	116	232	29	58	35	70	46	92	77	154	103	206
CH <sub>2</sub> O, Финляндия <sup>3</sup>	0,14	47	94	12	24	15	30	19	38	32	64	42	84
CH <sub>2</sub> O, Франция <sup>3</sup>	0,19	87	174	22	44	26	52	35	70	58	116	77	154
CH <sub>2</sub> O, Италия <sup>3</sup>	0,18	78	156	19	38	24	48	31	62	52	104	69	138
CH <sub>2</sub> O, Нидерланды <sup>3</sup>	0,23	127	254	32	64	38	76	50	100	84	168	112	224
<b>Среднее для CH<sub>2</sub>O</b>	0,185	82	164	21	42	25	50	33	66	55	110	73	146
Гипотетические страна и загрязнитель	0,4	384	768	96	192	113	226	150	300	252	504	337	674

<sup>1</sup> Данные Expolis, предоставлены Отто Ханниненом.

<sup>2</sup> Данные *Pilotto et al., 1997. Respiratory effects associated with indoor nitrogen dioxide exposure in children. Int J Epidemiol. 26(4):788-96.*

<sup>3</sup> Данные EBoDE, предоставлены Отто Ханниненом.

Рис. 1. Взаимосвязь между Коэффициентом вариации ( $CV$ ) и требуемым объемом выборки (числом школ) для демонстрации 10% или 15% изменения уровней загрязнения между двумя последовательными раундами обследования в небольшой стране ( $Deff = 1$ ) с общепринятым уровнем статистической значимости ( $\alpha = 0,05$ ) и уровнями мощности ( $P$ ) 0,8 или 0,9.

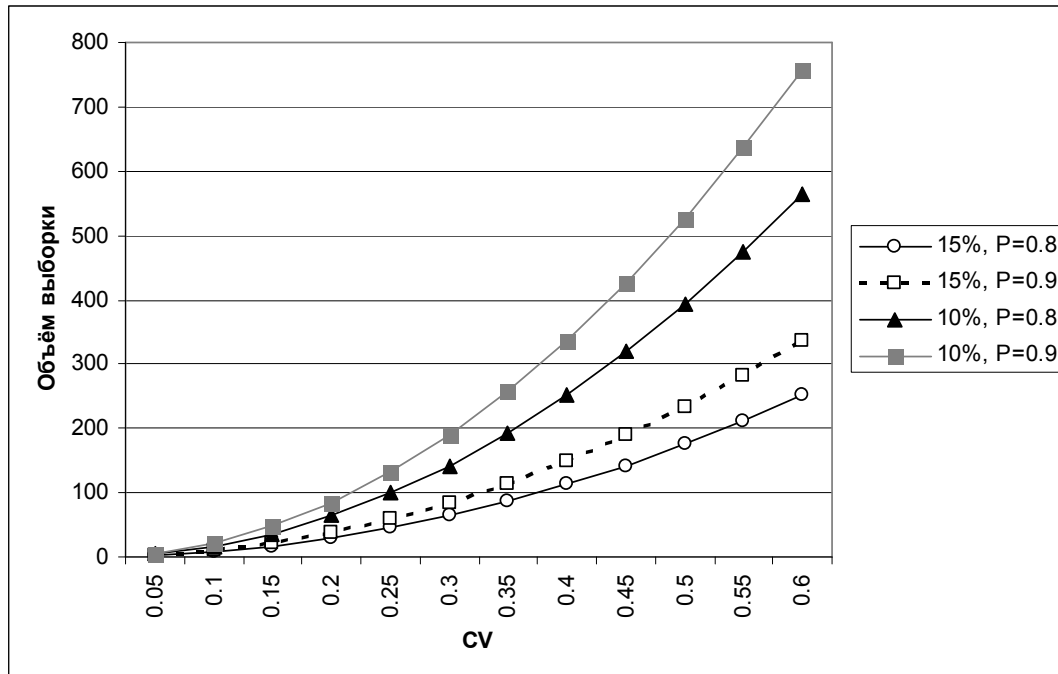
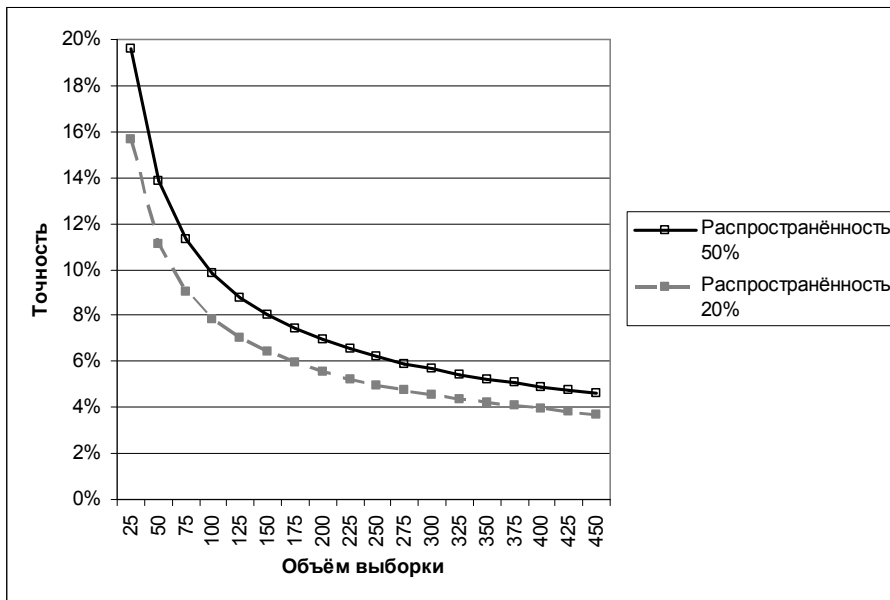
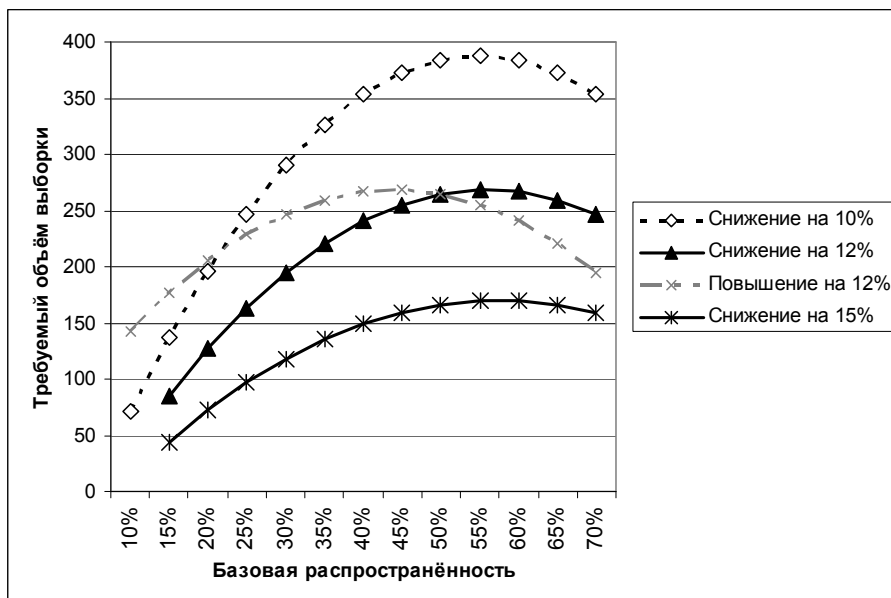


Рис. 2. Анализ объема выборки для обследования на предмет наличия плесени и сырости в школах для  $Deff=1$ . А) Влияние объема выборки на точность оценки распространенности в поперечном анализе (95% доверительный интервал); Б) Влияние базовой распространенности на требуемый объем выборки для анализа временных изменений распространенности (для указанных временных изменений распространенности экспозиции и мощности исследования 80%).

А)



Б)



## **Выводы, рекомендации и предстоящие задачи**

Предлагаемое обследование ставит перед собой следующие задачи:

- Предоставление поперечных данных по распространенности экспозиции к вредоносным факторам окружающей среды в школах
- Мониторинг тенденций во времени и предоставление информации об эффективности управленческих мер направленных на реализация обязательств Пармской конференции по снижению экспозиции к загрязнителям воздуха внутри помещений школ
- Получение информации, которая может быть использована для оценки риска для здоровья

В ходе совещания была подтверждена необходимость поддержания и дальнейшего развития сотрудничества между ВОЗ и JRC, и установления сотрудничества с другими национальными и международными партнерами. Окончательным продуктом этих усилий станут методологические рекомендации для национальных исследований. Этот документ будет разрабатываться совместно ВОЗ и JRC с помощью национальных экспертов и учреждений.

Участники совещания обсудили вопросы различных возможностей, потребностей и технических решений в различных государствах-членах. Участники совещания пришли к выводу, что один и тот же базовый протокол должен использоваться последовательно и одинаково во всем Регионе с целью обеспечения сопоставимости данных.

Было решено, что данное обследование будет использовать кластерный стратифицированный дизайн. Предварительные рекомендации по объему выборки составляют от 100 школ для небольших стран с однородными условиями до 300 школ для крупных стран с разнообразными условиями и климатическими зонами.

Обученные техники будут проводить инспекции школ для оценки экспозиции к сырости/плесени, проводить анкетирование школьников (для оценки курения, способов передвижения в школу и соблюдения правил гигиены), измерять уровни диоксида углерода в классных комнатах и собирать пробы загрязнителей воздуха внутри помещений при помощи пассивных диффузионных пробоотборников. В каждой школе отбор проб будет производиться в течение 5 дней (одной недели занятий) в 3 классных комнатах при помощи пассивных диффузионных пробоотборников для NO<sub>2</sub> и формальдегида (и, факультативно, для бензола и родственных соединений) и автоматических детекторов CO<sub>2</sub>. Точное число техников для предлагаемого обследования будет зависеть от общей рабочей нагрузки, включая инспекцию школ на наличие сырости/плесени и качество санитарных удобств, проведение анкетирования и отбор проб воздуха. Максимальное количество школ, которые может обслужить один технический специалист, будет определено во время пилотных обследований в отдельных странах.

Данное совещание настоятельно рекомендует организацию централизованного финансирования для управления проектом для всего Европейского региона. Это необходимо для разработки материалов и протоколов исследования, осуществления централизованного обучения, технической поддержки и контроля качества, закупки оборудования для мониторинга и обучения персонала. Обучение техников должно быть централизовано полностью или частично. Для некоторых маленьких стран обучение может проводиться только на английском языке (или русском, если нужно).

Для более крупных стран отдельные техники, хорошо владеющие английским языком, пройдут централизованное обучение. Они затем обучат других местных техников на местном языке.

Совещания определило список задач, которые предстоит выполнить, и основные пункты, которые нужно будет включить в методические рекомендации для национальных обследований. Рекомендуемые подходы нужно будет апробировать в пилотных обследованиях и доработать после получения результатов и обратной связи. В ходе совещания была подтверждена необходимость определения, как минимум, 2 стран для пилотных проектов. Рабочие группы экспертов-добровольцев продолжат работать над развитием специфических методов и протоколов, перечисленных ниже.

- Задачи по мониторингу загрязнителей воздуха внутри помещений:
  - Формулировка технических спецификаций для диффузионных пробоотборников, которые необходимо закупить для национальных обследований.
  - Определение референтной(ых) лаборатории(й) для определения загрязнителей воздуха внутри помещений, описание процедур для аккредитации национальных лабораторий и постоянной оценки качества их работы.
  - Разработка детальных рекомендаций по отбору проб воздуха, обработке проб, лабораторному анализу, вводу и обработке данных.
- Задачи по мониторингу кратности воздухообмена:
  - Формулировка детальной технической спецификации для мониторов CO<sub>2</sub>.
  - Разработка дневников регистрации человеческого присутствия и деятельности внутри помещений и форм для сбора данных по использованию классных комнат и вентиляции
  - Спецификация динамических моделей и протоколов анализа данных для оценки интенсивности воздухообмена с использованием данных по CO<sub>2</sub>, а также процедур анализа данных и подготовки отчетов по интенсивности вентиляции.
- Задачи по оценке экспозиции к плесени и сырости:
  - Подготовка форм для инспекции школ, анкет и протоколов оценки экспозиции к плесени и сырости.
  - Подготовка обучающих материалов для техников, выбор мест для проведения обучения, организация обучения по измерению уровней загрязнителей и выявлению плесени и сырости.
- Другие задачи:
  - Разработка информационных материалов для руководителей систем среднего образования, учителей, учеников и их семей
  - Как отдельный вопрос, другим группам экспертов нужно будет разработать методологию по оценке методов передвижения в школу и из школы, качества и технического обслуживания санитарных удобств, выполнения норм гигиены и курения в школах. Они будут включены в унифицированный протокол обследования.
  - Доработка расчетов объема выборки на основе данных пилотных проектов и применения симуляций Монте Карло для учета комплексного кластерного и стратифицированного дизайна и разброса концентраций загрязнителей.
  - Разработка компьютерных форм ввода данных и интегрированной базы данных обследования.
  - Разработка процедур передачи данных в ВОЗ, обеспечения и контроля качества данных, очистки данных, статистического анализа и



представления результатов обследования в информационной системе ENHIS.

- Разработка рекомендаций по отчетности и представлению результатов обследования в отдельные школы.

В ходе совещания была подтверждена необходимость проведения пилотных проектов в отдельных странах с целью доработки методики обследования. У ВОЗ будет возможность проведения пилотного исследования в Албании в 2011 году при финансировании от программы «Согласованность» Организации объединённых наций (United Nations Coherence Programme). Обследование в Албании будет использовать опыт исследования SINPHONIE, которое также будет проведено в этой стране. Для другого пилотного проекта необходимо определить, как минимум, еще одну страну, предпочтительно с другими климатическими и социально-экономическими условиями. Всем участникам совещания была адресована просьба изучить потенциальные возможности и источники финансирования в своих странах для проведения пилотного проекта.

Предварительная методика и протокол обследования будут обсуждаться в ходе консультации ВОЗ в Бонне в конце сентября 2011 года. Краткое изложение методики обследования будет представлено на 1<sup>ой</sup> сессии Европейской рабочей группы по окружающей среде и охране здоровья (European Environment and Health Task Force, ЕНТФ) в октябре 2011 года. Пилотные проекты будут использовать версию методики обследования с учетом комментариев, которые будут сделаны на совещании в сентябре 2011 года и в ходе сессии ЕНТФ.

После завершения пилотных обследований в начале 2012 года будут внесены окончательные поправки в рекомендации для национальных обследований. Ожидается, что базовый раунд основного обследования должен быть проведен в течение отопительного сезона 2012/2013. В большинстве стран должен быть проведен второй раунд обследования через два года, в течение отопительного сезона 2014/2015. Результаты двух раундов обследования и анализа изменений будут представлены в отчете, который будет подготовлен для 6<sup>ой</sup> Министерской конференции в 2016 году.

## Приложение 1. Список участников

Xavier Basagaña  
Centre for Research in Environmental  
Epidemiology (CREAL)  
Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona  
(Despatx 178)  
Doctor Aiguader, 88  
E-08003 Barcelona  
Spain

Giorgio Buonanno  
Associate Professor of Applied Thermodynamics  
University of Cassino  
via Di Biasio 43  
03043 Cassino (FR)  
Italy

Paolo Carrer  
University of Milan – Dept Occupational Health  
Via GB Grassi 74  
20157 Milan  
Italy

Derrick Crump  
Director, Institute of Environment and Health  
First floor, Vincent Building  
Cranfield University  
Cranfield  
Beds MK43 0AL  
United Kingdom of Great Britain and Northern  
Ireland

Eva Csobod  
Director, Country Office Hungary  
Regional Environmental Center  
Ady Endre ut 9-11  
2000 Szentendre  
Hungary

Eduardo de Oliveira Fernandes  
University of Porto  
Rua Dr Roberto Frias  
4200-465 Porto  
Portugal

Marcia Giacomini  
Health-related Exposure, Indoor Hygiene  
Federal Environment Agency  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin  
Germany

Patrick Goodman  
Dublin Institute of Technology  
Kevin St  
Dublin 8  
Ireland

Matti Jantunen  
National Institute for Health and Welfare (THL)  
Neulaniementie 4  
70701 Kuopio  
Finland

Dagmar Kallweit  
Section II 1.1  
General Aspects of Environment and Health  
Federal Environment Agency  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin-Dahlem  
Germany

Athanasios Katsoyiannis  
Lancaster Environment Centre  
Lancaster University  
Bailrigg LA1 4YQ  
United Kingdom of Great Britain and Northern  
Ireland

Séverine Kirchner  
Centre Scientifique et Technique du Batiment  
(CSTB)  
Département Développement Durable  
84 avenue Jean Jaures Champs sur Marne  
77447 Marne-la Vallée Cedex 2  
France

Joana Madureira  
Institute of Mechanical Engineering  
Rua Dr Roberto Frias  
4200 465 Porto  
Portugal

Corinne Mandin  
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment  
84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne  
77447 Marne-la-Vallée Cedex 2  
France

An Van Nieuwenhuysse  
Scientific Institute of Public Health  
Rue Juliette Wytsmanstraat 14  
1050 Brussels  
Belgium

Piersante Sestini  
University of Sienna  
Viale Bracci 16  
53100 Sienna  
Italy

Otto Hänninen  
National Institute for Health and Welfare  
Neulaniementie 4  
70701 Kuopio  
Finland

Marianne Stranger  
Vision on Technology (VITO NV)  
Boeretang 200  
2400 Mol  
Belgium

Ulla Haverinen-Shaughnessy  
National Institute for Health and Welfare  
Neulaniementie 4  
70701 Kuopio  
Finland

Martin Täubel  
National Institute for Health and Welfare  
Neulaniementie 4  
FIN-70210 Kuopio  
Finland

Philipp Hohenblum  
Assistant to Programme Director, Planning &  
Coordination  
Substances & Analysis  
Environment Agency Austria  
Spittelauer Lände 5  
1090 Vienna  
Austria

## **Европейская Комиссия**

Josefa Barrero Moreno  
European Commission  
Joint Research Centre  
Institute for Health and Consumer Protection  
Chemical Assessment and Testing Unit. TP 260  
Via Enrico Fermi 2749  
21027 Ispra (VA)  
Italy

Stelios Kefhalopoulos  
Policy Support Action Leader for Health and  
Environment  
Chemical Assessment and Testing Unit  
Institute for Health & Consumer Protection  
European Commission Joint Research Centre  
Via E. Fermi 2749 – TP 281  
21027 Ispra (VA)  
Italy

Dimitrios Kotzias  
Head of Chemical Assessment and Testing Unit  
Institute for Health and Consumer Protection  
European Commission-Joint Research Centre  
Via E. Fermi 2749 – TP 281  
21027 Ispra (VA)  
Italy

## **Всемирная Организация Здравоохранения Европейское Региональное Бюро**

Andrey Egorov  
Manager, Environment and Health Information  
System (ENHIS)

Katrin Berkemeyer  
Intern

Michal Krzyzanowski  
Head of Bonn office

Robynne Sutcliffe  
Intern

**Европейское региональное бюро ВОЗ**

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) – специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, созданное в 1948 г. и 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

**Всемирная организация здравоохранения  
 Европейское региональное бюро**

Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark  
 Тел.: +45 39 17 17 17    Факс: +45 39 17 18 18    Эл. адрес: [contact@euro.who.int](mailto:contact@euro.who.int)  
 Веб-сайт: <http://www.euro.who.int>