



ЕВРОПА

**Рамочный план
организации мониторинга
взвешенных веществ в атмосфере
в странах Восточной Европы,
Кавказа
и Центральной Азии**

Ruth Baumann
Michal Krzyzanowski
Сергей Чичерин

РЕЗЮМЕ

Мониторинг и оценка экспозиции населения по мелкодисперсным взвешенным веществам в атмосфере (PM_{2,5} и PM₁₀) является необходимым условием для эффективного управления качеством воздуха в целях охраны здоровья. В данном техническом документе, предназначенном для содействия организации такого мониторинга в государствах-членах, в частности, в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии, в общем виде приводятся принципы мониторинга мелкодисперсных взвешенных веществ (PM) и даются практические рекомендации в отношении обязательных шагов, которые должны быть предприняты для того, чтобы приступить к мониторингу PM в стране. При формулировании рекомендаций в качестве исходного положения принимается эффективность данной системы с точки зрения затрат и ее функционирование в условиях стран с ограниченными финансовыми ресурсами и ограниченным уровнем специальных знаний.

Ключевые слова

ENVIRONMENTAL MONITORING - METHODS
AIR POLLUTANTS, ENVIRONMENTAL
AIR - STANDARDS
PROGRAM DEVELOPMENT
EUROPE, EASTERN
ASIA, CENTRAL
RUSSIAN FEDERATION
COMMONWEALTH OF INDEPENDENT STATES

EUR/05/5046022

Обращения с просьбой прислать экземпляры публикаций Европейского регионального бюро ВОЗ следует направлять по адресу: publicationrequests@euro.who.int; разрешить их перепечатку – по адресу: permissions@euro.who.int; и 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, запрос на документацию, информацию о здоровье и здравоохранении или на получение разрешения на цитирование или перевод можно заполнить в режиме он-лайн на веб-сайте Европейского регионального бюро ВОЗ по адресу: <http://www.euro.who.int/pubrequest>.

Авторы:

Ruth Baumann: глава (бывш.) отделения мониторинга и регулирования качества воздуха
Управления охраны окружающей среды, Вена, Австрия.

Michal Krzyzanowski: региональный советник, программа качества воздуха и охраны здоровья ВОЗ,
Европейское региональное бюро, Боннское отделение.

Сергей Чичерин: заместитель директора по научной работе, Главная геофизическая обсерватория
им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Рецензенты

Peter Bruckmann: руководитель Отдела мониторинга окружающей среды, Управление охраны
окружающей среды земли Северный Рейн – Вестфалия, Эссен, Германия.

Jaroslav Fiala: руководитель проекта по качеству воздуха, Европейское агентство охраны
окружающей среды, Копенгаген.

© Всемирная организация здравоохранения, 2006 г.

Все права сохранены. Европейское региональное бюро Всемирной организации здравоохранения охотно удовлетворяет обращения с просьбой разрешить перепечатку или перевод своих публикаций частично или полностью.

Обозначения, используемые в настоящей публикации, и приводимые в ней материалы ни в коем случае не отражают какого-либо мнения Всемирной организации здравоохранения относительно юридического статуса какой-либо страны, территории, города или района или их органов власти или относительно делимитации их границ. Там, где в заголовках таблиц используется обозначение “страна или район”, оно охватывает страны, территории, города или районы. Пунктирные линии на географических картах обозначают приблизительные границы, относительно которых пока что еще может не быть полного согласия.

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 не гарантирует, что информация, содержащаяся в настоящей публикации, является полной и правильной, и не несет ответственности за какой-либо ущерб, нанесенный в результате ее использования. Мнения, выраженные авторами или редакторами данной публикации, необязательно отражают решения или официальную политику Всемирной организации здравоохранения.

Содержание

	стр.
Резюме.....	5
1. К истории вопроса.....	7
1.1 Основные выводы консультативной встречи в Москве	8
1.2 Что такое взвешенные вещества (PM)?.....	9
1.3 Влияние PM на здоровье	10
2. Стратегия мониторинга PM: общие принципы	11
2.1 Введение	11
2.2 Общие принципы мониторинга PM.....	12
2.2.1. Мониторинг PM10	13
2.2.2 Мониторинг PM2,5	17
2.2.3 Мониторинг грубой фракции (PM10-2,5).....	18
2.2.4 Выводы	18
2.3 Обеспечение качества и контроль качества.....	18
2.3.1 Принципы обеспечения качества и контроля качества	18
2.3.2 Проблемы качества при использовании различных методов мониторинга PM.....	21
2.3.3 Документация	22
2.3.4 Выводы	23
2.4 Вопросы создания сети мониторинга	23
2.4.1 Выводы	27
3. Процедура мониторинга PM.....	28
3.1 Планирование на региональном уровне.....	28
3.2 Подготовительная работа.....	28
3.2.1 Пилотный проект	28
3.2.2 Соотношение источник-рецептор.....	29
4. План организации мониторинга PM в странах ВЕКЦА.....	32
4.1 Подготовительная работа в странах ВЕКЦА	33
4.2 Выбор метода мониторинга и оборудования	34
4.3 Места расположения станций мониторинга.....	34
4.3.1 Пример 1: наличие лишь автоматических заменителей фильтров.....	36
4.3.2 Пример 2: наличие одного дополнительного прибора для непрерывного автоматического мониторинга	37
4.3.3 Пример 3: наличие трех разных видов оборудования	37
4.4 Оборудование	38
4.5 Представление и распространение информации	39
4.6 Кадры и институциональная инфраструктура	40
4.7 Сроки исполнения	40
5 Калькуляция издержек.....	43
Приложение А: Методы мониторинга PM.....	47
Приложение В. Вычисление локального поправочного коэффициента для PM10 ..	49

Резюме

Оценка качества воздуха играет важную роль в управлении качеством воздуха в целях охраны здоровья. В данном документе показаны пути и средства обеспечения специалистов по управлению качеством воздуха, контролирующих органов и общественности необходимыми сведениями. Главное внимание в документе уделяется одной из составляющих более широкого процесса мониторинга, оценки, контроля и управления качеством воздуха: в нем показаны технические средства мониторинга и оценки качества воздуха. В документе рассматривается широкий спектр условий, которые необходимо принимать во внимание при организации мониторинга, и содержатся общие принципы программы мониторинга, которые должны адаптироваться к местным условиям и потребностям.

Аспекты, связанные со здоровьем

За последнее десятилетие значительно вырос объем фактических данных, подтверждающих связь между концентрацией в атмосфере PM10 и PM2,5 и целым рядом последствий для здоровья. На здоровье населения оказывает влияние как краткосрочное (среднее за 24 часа), так и длительное (среднее за год) воздействие взвешенных веществ в атмосфере, поэтому стратегии снижения уровня загрязнения должны быть направлены на снижение этих воздействий.

Фракции PM*, подлежащие мониторингу

Ввиду значения для здоровья человека фракций PM10 и PM2,5, необходимо следить за содержанием обеих фракций. Мониторинг PM необходим для:

- оценки концентрации PM на определенной территории;
- оценки временной изменчивости и тренда концентрации PM на протяжении более длительного периода времени в определенных местностях;
- понимания пространственного распределения и состава PM в городе;
- увязки концентрации PM с источниками выброса.

Пространственное распределение концентрации PM

Неравномерное пространственное распределение PM в разных районах обусловлено различиями в источниках PM, в атмосферном переносе и химическом поведении PM10 и PM2,5 (и исходных газов). Поле концентрации PM2,5 менее изменчиво, чем поле концентрации PM10. Это означает, что для описания подверженности населения воздействию PM2,5 требуется меньше постов мониторинга, чем число постов мониторинга PM10, которое требуется для описания распределения PM10. Для оценки региональных фоновых концентраций PM10 и PM2,5 можно использовать результаты моделирования и мониторинга в рамках программы ЕМЕР** (там, где эти результаты имеются).

* Прим. переводчика: PM - от англ. particulate matter – твердые примеси в атмосфере; в русскоязычной литературе этому термину соответствует термин "взвешенные вещества".

** Прим. переводчика: ЕМЕР - Программа сотрудничества по мониторингу и оценке переноса на большие расстояния загрязняющих веществ над европейской территорией.

Выбор региона (регионов) в пределах государства

Организация мониторинга РМ представляет собой сложный процесс, который предполагает необходимость собрать местные кадровые и материально-технические ресурсы. Поэтому странам рекомендуется начинать мониторинг в одном или в двух городах. К ним должна относиться столица как город с наибольшим населением, а также густонаселенные районы, где предварительные измерения и/или результаты моделирования указывают на наиболее высокий уровень загрязненности атмосферы. Постепенно сеть мониторинга должна расширяться и на другие места.

Выбор пунктов мониторинга

Для обеспечения достоверности собранных данных и их полезности для управления качеством воздуха крайне важен правильный выбор мест расположения устройств непрерывного мониторинга атмосферы. Здесь необходимо принимать во внимание как теоретические, так и практические аспекты. Для создания базы для выбора постов мониторинга требуется провести большое количество подготовительных мероприятий с участием экспертов различного профиля с большим профессиональным опытом в различных областях, а также значительный объем работы по координации.

Создание сети мониторинга

Для контроля за подверженностью населения большого города воздействию РМ мониторинг РМ10 должен проводиться как минимум в:

- Двух точках в жилых районах города;
- Одной точке в индустриальном районе; и
- Одной точке возле дороги.

На одном из постов мониторинга РМ10 в жилом районе города должны также производиться и измерения РМ2,5.

В случае, когда ресурсы ограничены, лучше создать на одну станцию мониторинга меньше, но при этом обеспечить высокое качество измерений на оставшихся станциях.

Сроки выполнения работ

Выбор постов и создание сети мониторинга – работа поэтапная, которая может растянуться на несколько лет. В ходе подготовительной работы и создания сети необходимо обучить местных специалистов и обеспечить необходимые условия для того, чтобы местные бригады специалистов были способны вести мониторинг. На начальном этапе мониторинга для обеспечения сбора данных, годных для использования, нужны специалисты со стороны.

Методы мониторинга

Существует три разных метода мониторинга РМ, каждым из которых предусматривается использование разных видов оборудования. Поскольку каждый

из методов имеет свои недостатки и преимущества, рекомендуется использовать комбинацию различных методов. Для выполнения задачи по контролю (соблюдение предельно допустимой/целевой концентрации) необходим гравиметрический метод, однако для выполнения требований по информированию (предоставление ежедневной информации) нужно применять средства автоматического непрерывного мониторинга.

1. К истории вопроса

Собранные за последнее время научные данные указывают на то, что нынешние уровни загрязнения воздуха в городах Европы причиняют существенный ущерб здоровью - ведут к увеличению смертности, сокращают ожидаемую продолжительность жизни всего населения почти на год, повышают заболеваемость и влияют на здоровое развитие детей. Признанием серьезности этих угроз стало принятие на Пятой конференции министров "Окружающая среда для Европы" (Киев, май 2003 года) стратегии по охране окружающей среды, в которой в числе ключевых задач названа оптимизация стандартов (нормативов) качества воздуха и содержится просьба к Европейскому региональному бюро ВОЗ содействовать выполнению этой задачи. Четвертая конференция министров окружающей среды и здравоохранения, состоявшаяся в 2004 году в Будапеште, также обратилась с просьбой к Европейскому региональному бюро ВОЗ об оказании содействия государствам-членам в регионе Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА) в укреплении их организационно-кадрового потенциала для снижения угроз здоровью от воздействия опасных факторов окружающей среды.

Неотложная потребность в гармонизации национальных законодательных актов по качеству воздуха, а также систем мониторинга и контроля качества воздуха в странах ВЕКЦА с рекомендациями ВОЗ была признана на совещании ВОЗ "Качество воздуха и здоровье в странах ВЕКЦА", состоявшемся в Санкт-Петербурге 13-14 октября 2003 года. На этом совещании также было рекомендовано разработать всеобъемлющую стратегию оценки и управления качеством воздуха и была особо подчеркнута необходимость бороться с загрязняющими веществами, оказывающими наибольшее влияние на здоровье человека, включая взвешенные вещества (PM10 и PM2,5). См. отчет о совещании на английском языке: <http://www.euro.who.int/document/E82809.pdf> или на русском языке: <http://www.euro.who.int/document/e82809r.pdf>.

В соответствии с высказанными рекомендациями и в целях содействия усилиям стран ВЕКЦА по снижению влияния загрязнения воздуха на здоровье человека Европейское региональное бюро ВОЗ организовало 30-31 мая 2005 года консультативную встречу в Москве.¹ Главной целью встречи было согласование плана действий по гармонизации национальных законодательных актов по качеству воздуха с Рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха. На встрече обсуждались элементы Общей стратегии и Плана действий по снижению негативного воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения, и был предложен практический подход к осуществлению этого плана в странах ВЕКЦА.

¹ Отчет о встрече находится на сайте http://www.euro.who.int/Document/AIQ/health_basis_AQ.pdf, русская версия http://www.euro.who.int/document/aiq/health_basis_aq_r.pdf

Участники встречи согласились в том, что необходимость обновления их национальных стратегий с учетом рекомендаций, выработанных на встрече, должна стать предметом всесторонних обсуждений в их организациях. Принятие соответствующих решений потребует участия министерства здравоохранения, министерства окружающей среды и, в некоторых странах, других ведомств, таких, как гидрометеорологические службы. Удобным местом для подобных обсуждений и подготовки проектов решений правительства могли бы стать Комитеты по реализации Национального плана действий в области окружающей среды и здравоохранения (НПДООСЗ). В некоторых странах удобную возможность для этого дают проходящие в настоящее время обновление и переработка НПДООСЗ, которые позволяют уточнить и конкретизировать мероприятия, имеющие отношение к выполнению политических обязательств, принятых на Четвертой конференции министров окружающей среды и здравоохранения в Будапеште.

Организация и осуществление мониторинга РМ необходима для оценки величины влияния загрязнения воздуха на здоровье и для планирования рациональных мер по улучшению качества воздуха, выгодных с точки зрения соотношения затрат и эффективности. Для помощи странам ВЕКЦА в согласованных действиях по организации мониторинга РМ на встрече было рекомендовано продлить мандат нынешней рабочей группы ВОЗ. Эта Рабочая группа могла бы быть использована в качестве консультативного форума, основной задачей которого было бы формулирование рамочного плана организации мониторинга РМ в странах ВЕКЦА.

Данный документ составлен во исполнение рекомендаций Рабочей группы и представляет собой изложение такого рамочного плана. В нем даются рекомендации, в основном технического характера, по мониторингу и оценке содержания РМ. Ввиду общепризнанного воздействия на здоровье респираторной фракции взвешенных веществ, а также в силу необходимости организации мониторинга РМ, как это было рекомендовано на семинарах ВОЗ, упор в данном документе делается на оценку концентраций в атмосфере РМ₁₀ и РМ_{2,5}. В документе в обобщенном виде представлены основные выводы, сделанные в ходе встречи Рабочей группы в Москве, дается описание основных характеристик РМ, краткое описание воздействия РМ на здоровье, а затем приводятся стратегия и процедуры мониторинга РМ. В разделах 3 и 4 описываются общие принципы и вопросы, касающиеся мониторинга РМ, а в разделах 5 и 6 даются рекомендации, выработанные с учетом особенностей стран ВЕКЦА.

1.1 Основные выводы консультативной встречи в Москве

Ниже приводится резюме основных выводов, сделанных на консультативной встрече в Москве, которые являются основой для рамочного плана мониторинга РМ.

1. Основными загрязняющими веществами, на борьбу с которыми должны быть направлены национальные стратегии стран ВЕКЦА в будущем, являются **взвешенные вещества (РМ₁₀ и РМ_{2,5}), NO_x, SO₂ и озон (O₃)**. В особых случаях (например, в зависимости от рода или близости источника) в список веществ для местного мониторинга и контроля могут быть внесены дополнительные загрязняющие вещества или их группы (например, определенные летучие органические соединения, или ЛОС).

2. Помимо необходимости контролировать газообразные загрязняющие вещества ввиду их особого значения для здоровья, мониторинг и контроль за этими соединениями также крайне важны с точки зрения контроля твердых примесей, поскольку они являются предшественниками для вторичных взвешенных веществ, образующихся в результате химических реакций.
3. В качестве основного документа для ссылки при оценке влияния на здоровье загрязняющих веществ, указанных в стратегии, должны использоваться **Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха**.
4. Необходимо осуществлять мониторинг и оценку как **выбросов** загрязняющего вещества (или его предшественников), так и **концентраций основных загрязняющих веществ в атмосфере** в сопоставлении с заданными целевыми показателями.
5. В стратегии должна определяться ответственность как различных секторов, участвующих в деятельности, вызывающей загрязнение окружающей среды (промышленность, энергетика, транспорт, сельское хозяйство, жилищный сектор), так и ведомств, занимающихся мониторингом и контролем загрязнения.
6. Участники консультативной встречи в Москве также согласились в том, что **число станций мониторинга** должно зависеть от размера города и в идеале составлять одну станцию на 200 – 300 тысяч жителей. Страны должны постепенно расширять сети мониторинга PM₁₀/PM_{2,5}, считаясь с необходимостью наладить обучение кадров, создавать и укреплять кадрово-организационный потенциал, предпочтительно начиная с 2-4 станций в одном городе (в столице), чтобы на этой начальной стадии различные уровни загрязнения также позволяли проводить анализ изменчивости загрязнения в пределах территории города.
7. В качестве одного из ключевых элементов системы мониторинга PM должно быть предусмотрено обеспечение качества и контроль качества (ОК/КК).

1.2 Что такое взвешенные вещества (PM)?

Взвешенные вещества – это загрязняющая воздух субстанция, состоящая из смеси твердых и жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе. Эти взвешенные частицы различаются по размеру, составу и происхождению. Частицы нередко классифицируют по их аэродинамическим свойствам, поскольку: (а) эти свойства определяют перенос и удаление частиц из воздуха, (б) они также определяют оседание частиц в дыхательной системе, и (с) они связаны с химическим составом и источниками частиц. Эти свойства удобно выражать в обобщенном виде через аэродинамический диаметр, то есть размер сферической частицы единичной плотности, обладающей такими же аэродинамическими характеристиками. Отбираются пробы частиц, и частицы описываются по их массовой концентрации (мкг/м³) на основании их аэродинамического диаметра, который обычно называется просто размером частицы. К другим важным параметрам относятся счетная концентрация и площадь поверхности частиц.

Наиболее часто используются следующие размерные фракции:

- TSP (сумма взвешенных веществ): включает все находящиеся в воздухе частицы.
- PM₁₀: используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм.
- PM_{2,5}: используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм.

- Грубая фракция (между 2,5 и 10 мкм).
- Мельчайшая частица: используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 0.1 мкм.
- ЧД (черный дым): показатель, который широко используется в качестве индикатора "черноты" аэрозолей (и, следовательно, в качестве суррогата сажи). Определение связано с методом мониторинга, используемого для измерения ЧД. Мониторинг основан на оптическом методе.

1.3 Влияние РМ на здоровье

Данные, касающиеся РМ и общественного здравоохранения, неизменно указывают на вредное воздействие на здоровье при величинах экспозиции, которым подвергаются жители городов во всем мире, как в развитых, так и в развивающихся странах². В результате проведенного ВОЗ анализа влияния РМ на здоровье в больших городах всего мира был сделан вывод о том, что воздействие РМ является причиной почти 800 тысяч преждевременных смертей в год³. Аналогичный анализ, проведенный в рамках программы Европейской комиссии "Чистый воздух для Европы", показал, что РМ из антропогенных источников во всех странах Европейского Союза являются причиной почти 290 тысяч преждевременных смертей в год⁴. Воздействие этих веществ снижает среднюю продолжительность жизни примерно на один год. Оно вызывает широкий спектр последствий, в том числе для дыхательной и сердечно-сосудистой системы, распространяется на детей и взрослых и на целый ряд крупных чувствительных групп населения. Было показано, что риск различных заболеваний возрастает пропорционально экспозиции, и практически ничто не указывает на существование некоего порога концентрации, ниже которого можно было бы предполагать отсутствие негативного влияния на здоровье. Эпидемиологические данные свидетельствуют о негативном влиянии частиц после краткосрочной (продолжающейся несколько дней) и длительной (длящейся годы) экспозиции.

В большинстве эпидемиологических исследований, которые продемонстрировали негативное воздействие РМ на здоровье, в качестве показателя уровня экспозиции использовалась концентрация РМ₁₀ на единицу массы. С грубой фракцией РМ₁₀ (то есть с частицами размером от 2,5 до 10 мкм) связана заболеваемость дыхательных путей. Однако наиболее тесная связь между смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний и долговременным воздействием РМ наблюдалась в отношении концентрации РМ_{2,5}, а не в отношении более крупных частиц. Поэтому в качестве необходимой меры по снижению угрозы многих последствий для здоровья рекомендуется сокращение экспозиции по РМ₁₀ и РМ_{2,5}. Частицы большего размера, чем РМ₁₀, остаются в верхней части дыхательных путей и, следовательно, не влияют на заболеваемость и смертность. Как следует из выводов исследований, имеющих отношение к здравоохранению, управление качеством воздуха должно быть в первую очередь направлено на

² Рекомендации по качеству воздуха для Европы, *Второе издание*, Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 2000 (региональные публикации ВОЗ, серия №91), http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4 ; с переводом на русский язык, Весь Мир, Москва 2004.

³ Cohen A. et al., "Mortality impacts of urban air pollution", in *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*, M. Ezzati et al., ВОЗ, Женева, стр.1353-1434 (2004).

⁴ Watkiss P. et al., CAFÉ CBA: Baseline analysis 2000 to 2020. Didcot. AEA Technology Environment, 2005, http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafе/activities/pdf/cba_baseline_results2000_2020.pdf

снижение экспозиции населения по PM_{2,5} и PM₁₀. Для этого необходима оценка концентраций PM_{2,5} и PM₁₀. Мониторинг концентрации суммы взвешенных веществ, или TSP (куда относятся и частицы большего размера, чем PM₁₀) в меньшей степени подходит для эффективного обеспечения регулирования качества воздуха в целях охраны здоровья населения.

2. Стратегия мониторинга PM: общие принципы

2.1 Введение

С конца 90-х годов в Европе в результате введения обязательных стандартов и нормативов был накоплен значительный опыт в деле мониторинга и оценки содержания PM₁₀, однако опыта и информации по PM_{2,5} значительно меньше. Этот дисбаланс отражается также и в данном проекте рамочного плана. В свете исследований ВОЗ, связанных с вопросами здоровья, для оценки воздействия PM и создаваемых им угроз для здоровья рекомендуется использовать как PM₁₀, так и PM_{2,5}. В обсуждаемом в настоящее время проекте поправок к Директиве Европейского Союза о качестве воздуха намечается снижение воздействия на население PM_{2,5}. В США норматив качества воздуха распространяется на PM_{2,5}, однако под контролем находится и грубая фракция PM (2,5 – 10).

Общая задача стратегии управления качеством воздуха заключается в предотвращении и снижении негативных последствий для здоровья человека (и для окружающей среды в целом), вызываемых присутствием загрязняющих веществ в воздухе, в частности взвешенных веществ (PM). Для защиты здоровья человека необходимо снижать, предотвращать, а по возможности и избегать экспозиции населения по PM.

Цель оценки загрязнения заключается в обеспечении процесса управления качеством воздуха нужными данными наблюдений путем правильного определения характеристик уровней PM, картины пространственного и временного распределения и состава PM. Для этого используются программы мониторинга и/или моделирования, а также прогнозирование качества воздуха в будущем в случае реализации альтернативных стратегий.

В соответствии с Общей стратегией снижения негативных последствий загрязнения воздуха для здоровья в странах ВЕКЦА, Общий план действий более точно и технически обоснованно обеспечивает последовательное формирование процесса мониторинга, оценки, контроля и управления качеством воздуха. Главная цель данного документа состоит в том, чтобы конкретно указать все условия, необходимые для мониторинга PM. Однако для обеспечения соответствия мониторинга всей системе управления качеством воздуха при планировании мониторинга необходимо рассматривать и многие другие вопросы.

Существует целый ряд причин, по которым необходимо проводить мониторинг, однако конечной его целью является оценка экспозиция населения по PM. Эта оценка позволяет планировать стратегию борьбы с загрязнением, чтобы добиться реального снижения экспозиции населения и, таким образом, негативных последствий загрязнения для здоровья. Основные принципы описываются в документе под названием "Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки

воздействия на здоровье человека", Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, № 85, 1999 год (имеется на английском и на русском языках).

Стратегию мониторинга РМ всегда нужно рассматривать в связи с оценкой загрязнения. Для осуществления этой оценки необходимо принимать во внимание некоторые важные аспекты:

- Во многих странах правила, связанные с химическим составом РМ₁₀, распространяются только на определенные соединения, располагающиеся на частицах фракции РМ_{2,5}.
- "Взвешенные вещества" нельзя описать какой-либо химической формулой, как, например, "диоксид серы = SO₂", и охарактеризовать каким-либо физическим или химическим свойством. Наиболее важными свойствами являются размер частиц, химический состав и, как результат обоих этих свойств, масса.
- РМ могут непосредственно выбрасываться в воздух (так называемые первичные частицы), либо образовываться в атмосфере как "вторичные частицы" из газов, таких как NO_x, SO₂ и NH₃ (аммиак).
- РМ могут возникать в локальном или региональном масштабе или могут переноситься на большие расстояния.

Мониторинг массовой концентрации РМ₁₀ даже вместе с РМ_{2,5} может оказаться недостаточно для понимания источников загрязнения. Поэтому в данную задачу всегда входит выяснение того, какие необходимо провести дальнейшие исследования. Например, химический состав позволяет делать выводы о вкладе различных групп источников выбросов и, таким образом, косвенно судить о том, какая часть этого состава вызвана местными или региональными источниками, а какая часть была перенесена издалека. Знать это чрезвычайно важно для выбора наиболее действенной стратегии снижения выбросов.

Далее необходимо уделить внимание тому факту, что:

- Для планирования мониторинга необходимо иметь в наличии данные о выбросах и метеорологические/топографические данные.
- Обычное временное разрешение для данных о РМ (задаваемое в существующих стандартах во многих странах, а также являющееся предельной допустимой величиной Европейской Комиссии) составляет 24 часа, или календарные сутки.
- Вследствие процесса формирования размерных фракций, данные о РМ обычно указываются при атмосферной температуре и давлении, в отличие от порядка, принятого в отношении газообразных загрязняющих веществ.

2.2 Общие принципы мониторинга РМ

Оценка содержания РМ ведет к накоплению и систематизации данных о концентрациях РМ в различных диапазонах времени и пространства. Сколь угодно содержательное сравнение таких данных, полученных из различных мест и/или в разное время, возможно только при условии, если данные мониторинга имеют высокое качество, представляют одну и ту же переменную и представлены единообразно. А такое возможно только при использовании во всех случаях единых согласованных методов.

Результаты различных существующих методов мониторинга PM₁₀ имеют систематические различия, и каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, которые должны быть учтены при разработке сети мониторинга. В приложении А дается основная информация о различных методах.

В данном документе методы делятся на гравиметрические (измерение непосредственно массы собранных PM на фильтре, и, следовательно, взвешивание массы собранных PM на точных весах) и непрерывные, посредством которых масса PM оценивается косвенно. Гравиметрические методы можно подразделить на методы с использованием приборов, для которых требуется замена фильтров вручную, и приборов с автоматической заменой фильтра. В принципе для мониторинга концентрации либо TSP, либо PM₁₀, PM_{2,5} или PM₁ можно использовать все три метода. Измеряемые размеры частиц определяются выбранным типом воздухозаборника. Кроме того, гравиметрический метод применяется в так называемой "дихотомической конфигурации", когда частицы разных размеров – PM_{2,5} (мелкие PM) и PM_{10-2,5} (грубая фракция) собираются на отдельных фильтрах.

Далее дается обзор различных существующих методов мониторинга PM с кратким изложением основных характеристик каждого метода. Выбрать оборудование должны сами местные органы, которые могут воспользоваться для этого рекомендациями, содержащимися в главе 4 этого документа.

2.2.1. Мониторинг PM₁₀

В таблице 1 приведены методы мониторинга PM, сгруппированные по основным категориям. Кодировка, использованная в таблице, будет использоваться и далее в тексте.

Таблица 1: Обзор методов мониторинга РМ

Метод мониторинга	Тип оборудования	Качество	Комментарии
А – Ручной отбор проб и гравиметрия	A1 – Низкий объем (KleinfILTERGERAT) A2 – Высокий объем (Anderson)	Эталонный метод*	Требуется ежедневная ручная замена фильтра. Передача данных в режиме он-лайн невозможна.
В - Автоматическая замена фильтров с гравиметрией	B1 – Digilel B2 – Partisol B3 – Leckel	Эквивалентный гравиметрический метод**	Автоматическая замена фильтров. Передача данных в режиме он-лайн невозможна.
С - автоматическое устройство непрерывного измерения	C1 - β - затухание C2 – вибрационные микровесы с коническим элементом (TEOM) C3 – другие приборы для непрерывного измерения	Прибор для непрерывного измерения с локальным поправочным коэффициентом**), (***)	Возможна передача данных в режиме он-лайн.

В таблице 1 отмечается, что в рамках одной сети возможны многочисленные комбинации методов и типов оборудования. Оптимальная комбинация подбирается в зависимости от задачи сети. Как уже было отмечено, тип оборудования А демонстрирует самый высокий уровень "серьезности", а тип С – самый низкий. Однако ни один тип оборудования сам по себе не может обеспечить всю необходимую информацию, и у каждой комбинации есть свои преимущества и недостатки. Использование ручного оборудования является наиболее трудоемким методом, где для обеспечения высокого качества измерений необходимы очень высокая профессиональная квалификация и большие усилия. Поэтому оборудование А не рекомендуется для ведения сетевого мониторинга. Группа разработчиков плана мониторинга должна найти практическое решение проблемы выбора между точностью данных мониторинга и выполнением всего спектра задач мониторинга. Некоторую информацию понадобится собирать с помощью не обычных, а дополнительных измерений.

В таблице 2 указано оборудование, необходимое и достаточное для выполнения различных задач мониторинга. Для осуществления контроля соблюдения нормативов качества воздуха необходимо использовать оборудование В (эквивалентное эталонному методу, трудоемкое). Для выполнения же требований по информированию (ежедневное представление информации) нужны текущие

* В соответствии с нормативом ЕС EN12341

** В соответствии с отчетом на сайте

http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/equivalence_report2.pdf

*** См. приложение В.

данные, и поэтому требуется автоматическое устройство непрерывного измерения (оборудование С). Оборудование типа С с более высоким временным разрешением по сравнению с эталонным методом может быть более предпочтительным в тех случаях, когда в дополнение к гравиметрическому методу интерес представляют почасовые (краткосрочные) изменения концентрации.

Когда программа сокращения выбросов в сильнозагрязненных районах только начинается, для выполнения потребности в "наблюдении за тенденцией в странах ВЕКЦА" подойдет менее сложное оборудование (С), поскольку такое оборудование вполне способно фиксировать снижение концентрации.

Для выполнения различных задач, приведенных в таблице 2, необходимо проводить прежде всего мониторинг РМ, однако в некоторых случаях будет нужна и дополнительная информация (см. последнюю колонку).

На станциях мониторинга, расположенных возле промышленных предприятий, вблизи автодорог и в крупных сильнозагрязненных районах, может возникать необходимость определения вклада конкретных источников выбросов в общий высокий уровень загрязнения. В этих случаях наиболее эффективным является подход, ориентированный на источник выбросов: анализ химического состава массы РМ₁₀, см. параграф 4.2.2. Для определения локального поправочного коэффициента потребуется рядом расположить оборудование В и С.

Таблица 2: Оборудование для различных задач по сетевому мониторингу PM10

Задачи	Вид оборудования	Дополнительные требования	Дополнительное оборудование/ параметры
а) Контроль: Соответствие ПДК, целевым величинам (включая предварительную оценку)	В – Гравиметрия; автоматический заменитель фильтров В1 – Digitel В2 – Partisol В3 – Leckel	* Комната для взвешивания с регулируемой температурой и влажностью * Весы с высокой чувствительностью	* Состав PM10: хорошо оснащенная химическая лаборатория * С – Прибор для непрерывного автоматического измерения * Метеорологические данные * Данные о выбросах
б) Ежедневная информация для населения с) Наблюдение тенденции и временных характеристик	С – прибор для непрерывного автоматического измерения С1 - β - затухание С2 – вибрационные микровесы с коническим элементом С3 – другое	*Необходимы дополнительные знания и навыки для определения локального поправочного коэффициента	*Метеорологические данные *Данные о выбросах

Если необходимо проводить химические анализы состава массы PM10, забор проб оборудованием В должен осуществляться при помощи фильтров других типов:

- Стекловолоконный фильтр (и какой-либо фильтр из кварцевого волокна) для определения массы при обычном сетевом мониторинге.
- Фильтр из кварцевого волокна для проведения химического анализа на некоторые вещества;
- Тефлоновый фильтр для проведения полного химического анализа.

С учетом того, что химические анализы проведены для получения определенной информации о составе PM10 на фильтре (но не для целей контроля превышения ПДК/целевого показателя для одного из веществ, входящих в состав PM10), допустимо проводить примерно один анализ в неделю. План отбора проб должен быть разработан заранее, потому что в те дни, когда нужно проводить химические анализы, вместо более дешевого стекловолоконного фильтра необходимо использовать фильтр из кварцевого волокна (или тефлона).

При разработке плана отбора проб необходимо учитывать частоту химических анализов, которая позволяет не только получать представление о поведении

концентрации PM10 в течение недели, но и о составе частиц. Поэтому необходимо обеспечить статистическое распределение (рандомизацию) по дням недели. Добиться этого можно, только применяя нечетное число дней. Во избежание влияния недельной картины выбросов, не применяйте частоту раз в семь дней! В таблице 3 дается пример частоты раз в пять дней.

Еще один вариант заключается в том, чтобы сосредоточить химические анализы на таком периоде времени, когда погодные условия вызывают высокую концентрацию PM, как, например, во время инверсии или в особом случае крупного выброса (например, зимой, когда электростанции работают с повышенной нагрузкой).

Если в программу мониторинга PM входит проведение анализов химического состава образцов взвешенных веществ, необходимо обратиться к стратегии мониторинга и практической методологии, включая программу обеспечения качества, действующую в ЕМЕР (Программы сотрудничества по мониторингу и оценке переноса на большие расстояния загрязняющих веществ над европейской территорией).⁵

Таблица 3: Пример плана мониторинга химического состава PM10

(Q = необходимо использовать кварцевый фильтр)

Неделя	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Воскр
1	Q					Q	
2				Q			
3		Q					Q
4					Q		
5			Q				
Σ	1	1	1	1	1	1	1

Выяснить временные колебания концентрации примесей в атмосфере и получить, в сочетании с метеорологическими данными (главным образом, направлением ветра), объяснения особых ситуаций, вызывающих эпизоды сильного загрязнения, можно лишь при помощи прибора непрерывного автоматического мониторинга (оборудование С) с его высоким временным разрешением (например, 1 час).

2.2.2 Мониторинг PM2,5

В принципе методы мониторинга PM2,5 аналогичны методам мониторинга PM10, приведенным в таблице 1. В первом приближении может быть использовано то же самое оборудование, только воздухозаборник должен быть сделан так, чтобы пороговым размером было 2,5 мкм.

Эталонный метод (измерения концентраций PM2,5) описывается в EN 14907. Эталонными являются следующие методы отбора проб:

- Пробоотборник высокой производительности (30 м³/ч) с заданной конструкцией воздухозаборника (например, Digitel);
- Пробоотборник низкой производительности (2,3 м³/ч) с заданной конструкцией воздухозаборника (например, Leckel).

⁵ http://www.nilu.no/projects/ccc/monitoring_strategy

2.2.3 Мониторинг грубой фракции (PM10-2,5)

Помимо оборудования для мониторинга либо фракции PM10, либо PM2,5, существует также оборудование, в котором используется принцип дихотомической конфигурации, что позволяет осуществлять одновременный отбор мелкой фракции (PM2,5) и грубой фракции (частицы с аэродинамическим диаметром от 2,5 до 10 мкм) на основе гравиметрии. После взвешивания фильтров становится известна массовая концентрация мелкой фракции (C_f) и массовая концентрация грубой фракции (C_c). Сумма этих двух показателей дает концентрацию PM10 (C_t).

$$C_t = C_f + C_c$$

В качестве преимущества можно выделить тот факт, что с помощью лишь одного устройства можно получить результат по двум фракциям PM (что удваивает работу по взвешиванию!), однако недостатком является то, что отсутствие фильтра для фракции PM10 не позволяет проводить анализ химического состава этой фракции в целом.

Неизвестно, прошел ли данный пробоотборник испытание на эквивалентность.

2.2.4 Выводы

В принципе, предпочтение должно отдаваться тому методу, который в наибольшей степени подходит для поставленной задачи. Для осуществления контроля (соответствия ПДК/целевому показателю) следует использовать гравиметрический метод, а для получения дополнительной информации, требующей более высокого временного разрешения, чем 24 часа, следует пользоваться прибором для непрерывного автоматического измерения. Подобная комбинация методов необходима, поскольку результаты обоих методов систематически различаются, и это является серьезным недостатком мониторинга PM по сравнению с измерением газообразных соединений.

2.3 Обеспечение качества и контроль качества

Для обеспечения достоверности собственных данных мониторинга, для того, чтобы можно было сравнивать их во времени и между разными местами, а также для того, чтобы они были сопоставимы с данными других учреждений в стране и за рубежом, обязательным условием является внедрение системы обеспечения качества и контроля качества (ОК/КК)

2.3.1 Принципы обеспечения качества и контроля качества

В целом для любого метода мониторинга существует четыре разных уровня гармонизации. Чем выше уровень гармонизации, тем меньше необходимы на практике специальные меры по обеспечению качества и точности при осуществлении мониторинга. Следует принимать во внимание все четыре уровня. Страны ЕС пришли к соглашению о принятии самых высоких уровней гармонизации мониторинга PM (уровни 4 или 3).

1. *Метод по общему согласию*. Наиболее слабая возможность. Это означает, что группа экспертов объявляет какой-либо метод мониторинга избранным методом для практической работы по выполнению определенной задачи мониторинга. Этот подход сам по себе не может гарантировать совместимость этого метода с другим, либо совместимость данных.

2. *Стандартизированный метод* (например, ИСО). Химические или физические реакции и методы определения задаются в некотором стандарте. Поскольку для оценки качества воздуха необходима высокая сопоставимость данных, следует достичь соглашения не только о гармонизации методов мониторинга и о достоверности результатов измерений путем верификации (подтверждения) их качества и точности, но и о гармонизации обработки данных и оценки результатов.

3. *Эквивалентный метод*. Допускается использование любого метода, если при этом можно показать, что этот метод дает эквивалентные результаты или демонстрирует устойчивое соотношение с эталонным методом. (Страны/учреждения, пользующиеся подобным методом, должны провести исследования для демонстрации сопоставимости с эталонным методом!).

4. *Эталонный метод*. Принципы измерения, лежащие в основе эталонного метода, определены в конкретных Директивах. Собственно метод измерения определяется в Европейских стандартах (EN). В Директивах устанавливаются требования к эталонному методу в отношении временного разрешения, целей по качеству данных и их применения. Требования к целям по качеству данных различаются в зависимости от уровня концентрации.

Для PM₁₀ эталонным является метод ручной гравиметрии, а эквивалентным методом – автоматический заменитель фильтров. Оба этих метода описываются в EN 12341. В разделе Европейского норматива EN 12341 об эквивалентности рассматриваются лишь гравиметрические методы и не рассматривается эквивалентность широко применяемых автоматизированных систем, таких, как методы β -затухания или вибрационных микровесов для определения массы (ТЕОМ). Применимость приборов непрерывного автоматического контроля обеспечится, если будет установлена связь с эталонным методом через измерения с целью сличения.

Для PM_{2,5} эталонный метод определен в EN 14907. Это метод ручной гравиметрии с использованием одиночных фильтров. В данном нормативе также приведены процедуры определения эквивалентности неэталонных методов измерения (как, например, другие методы ручной гравиметрии или гравиметрического автоматического мониторинга) данному эталонному методу.

Таблица 4: Технические требования к различным методам и вопросы ОК/КК

Тип оборудования	Требования	Вопросы ОК/КК
А – Ручной отбор проб и гравиметрия А1 – Низкая производительность (KleinfILTERGERAT) А2 – Высокая производительность (Anderson)	Комната для взвешивания Весы с повышенной чувствительностью Хорошо обученные сотрудники	Регулирование температуры и влажности в комнате для взвешивания Контроль объема
В – Автоматический заменитель фильтров В1 – Digitel В2- Partisol В3 – Leckel	Комната для взвешивания Весы с высокой чувствительностью Хорошо обученные сотрудники	Регулирование температуры и влажности в комнате для взвешивания Контроль объема
С – Прибор для непрерывного автоматического измерения С1 - β - поглощение С2 – вибрационные с коническим... С3 - ...	Станция мониторинга с кондиционированием воздуха Возможность передачи данных в режиме он-лайн Локальный поправочный коэффициент (различного "качества")	Контроль объема

Контроль качества необходимо начинать с момента выбора метода измерений; различные уровни гармонизации метода мониторинга приведены выше. Поэтому необходимо задать критерии технических характеристик, такие, как точность, повторяемость, воспроизводимость и правильность измерений. Нужны также технические условия относительно ежедневных процедур измерения, которые при необходимости могут со временем изменяться. Цели по качеству данных должны быть также заданы и в отношении минимального объема сбора данных (полноты данных) и временного охвата.

Назначение всех этих процедур заключается в создании полной программы обеспечения качества и контроля качества (ОК/КК), которая позволяла бы начать работу с любого согласованного метода измерений и закончить методами, сравнимыми с эталонным методом.

В таблице 4 приводятся технические условия и меры по ОК/КК, необходимые при использовании разных методов. Оборудование А и оборудование В может работать как внутри станции мониторинга (в помещении, в контейнере), либо под открытым небом, без "защиты от атмосферных воздействий". Установка оборудования в помещении или в контейнере удобна с точки зрения обслуживания и замены фильтра, независимо от погодных условий. Условия хранения фильтров особенно важно соблюдать в жаркие летние дни. Надежность приборов, защищенных от атмосферных воздействий, выше в неблагоприятную и холодную погоду. Это относится к мониторингу как PM10, так и PM2,5.

2.3.2 Проблемы качества при использовании различных методов мониторинга РМ

Факт существования трех различных методов мониторинга РМ имеет свои преимущества, но также и свои недостатки. Главная проблема заключается в неодинаковом уровне гармонизации различных методов.

В настоящее время используемые негравиметрические методы не дают результатов, которые во всех условиях были бы эквивалентны результатам эталонного метода. На практике гравиметрические методы показывают более высокую концентрацию РМ, чем приборы непрерывного автономного контроля. Причина этого заключается в необходимости нагревания приборов непрерывного автоматического контроля, что приводит к потерям более летучих компонентов РМ.

В ЕС главная цель мониторинга РМ10 заключается в обеспечении соблюдения нормативов ЕС (по качеству воздуха). Поэтому там необходимо было добиться не просто гармонизации методов, а гармонизации на высоком уровне. Подготовительная работа по организации мониторинга РМ в течение последних нескольких лет была направлена на согласование различных проблемных вопросов, связанных с мониторингом РМ10. В результате этих обсуждений для мониторинга соблюдения нормативов (качества воздуха) могут использоваться только эталонный и эквивалентный методы (уровень 4 и 3), то есть только:

- Ручной отбор проб и гравиметрия (эталонный метод по определению).
- Автоматический заменитель фильтров и гравиметрия (эквивалентный метод).

Поскольку эталонный метод является весьма трудоемким, он применяется в существующих сетях мониторинга очень редко. После того, как в нескольких исследованиях было показано, что оборудование с автоматическим заменителем фильтров (В) дает результаты, эквивалентные эталонному методу, оно стало широко применяться для проверки соблюдения нормативов.

Помимо мониторинга РМ10 на предмет соблюдения нормативов, необходимо также осуществлять сбор данных о концентрации РМ с более высоким временным разрешением, чем 24 часа. Поэтому необходимо использовать прибор для непрерывного автоматического контроля. Однако это оборудование выдает данные, которые не вписываются в иерархию гармонизации. Все попытки продемонстрировать эквивалентность оказались безуспешными. Единственным решением этой проблемы является использование автоматического заменителя фильтров параллельно с прибором для непрерывного автоматического мониторинга зимой и летом. Таким образом получают так называемый "локальный поправочный коэффициент". Этот поправочный коэффициент зависит от места мониторинга (высокая/низкая доля вторичных аэрозолей), времени года (высокая/низкая температура) и типа прибора. Это означает, что одного общего поправочного коэффициента как такового не существует.

Некоторые основные условия для осуществления этого сличения приборов различного принципа действия даются в докладе Европейской Комиссии "Рекомендации для стран-членов по мониторингу РМ10 и сличению с эталонным методом",

http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm#1_Report_2001.

На основании этого отчета ЕС в приложении В приводится информация о методе получения локального поправочного коэффициента для мониторинга PM10 (как рандомизировать данные, полученные от приборов непрерывного автоматического измерения, в данные эквивалентного гравиметрического метода). В последние годы была проведена оценка большого количества данных, полученных в ходе сравнительных исследований. Также появились новые разработки и улучшения в области непрерывного автоматического мониторинга (в основном связанные со снижением потерь летучих компонентов). В соответствии с этими новыми совокупными знаниями, достаточно будет установить локальный поправочный коэффициент в одной выбранной точке и перенести его на другие точки с таким же типом микросреды в пределах региона. Количество измерений для сличения, которые необходимо выполнить, зависит главным образом от площади региона, различий между точками мониторинга и типов используемого оборудования. На начальной стадии мониторинга должно быть достаточно измерений для сличения показателей на 10-20% станций каждого типа (по месту мониторинга и по типу оборудования).

Для мониторинга PM2,5 может быть использовано оборудование, указанное в таблице 1 для мониторинга PM10, но с измененным входным устройством воздухозаборника. Это означает, что, в принципе, все проблемы, возникающие в связи с различными методами и различными уровнями гармонизации, характерными для мониторинга PM10, сохраняются и при мониторинге PM2,5. Поэтому и для мониторинга PM2,5 также нужно показывать эквивалентность оборудования с автоматическим заменителем фильтра эталонному методу и устанавливать "локальные поправочные коэффициенты" для приборов непрерывного автоматического измерения.

Сложно сказать заранее, возрастут или уменьшатся при переходе от PM10 к PM2,5 проблемы низкой эквивалентности и соответствия локальным поправочным коэффициентам. С одной стороны, незначительные отклонения пробоотборников от идеальной точки отсечки PM2,5 приведут к меньшим изменениям массы, поскольку PM2,5 близки к минимуму распределения массы частиц, в то время как точка отсечки PM10 близка к максимуму диапазона грубой фракции. С другой стороны, при переходе от PM10 к PM2,5 общая масса PM уменьшается примерно на треть, и доля вторичных полуплетучих аэрозолей, которая преимущественно присутствует в тонкой фракции, возрастает.

2.3.3 Документация

Одним из важнейших элементов системы мониторинга является документальное оформление решений, процедур и данных. Создание системы документации требует времени и сил (и денег), однако ее практическое использование дает большие выгоды, в частности, позволяет проверять и исправлять данные.

Документация должна включать следующие документы:

- Процедуры выбора мест размещения пунктов мониторинга. Места размещения должны иметь полную документацию, оформленную на стадии классификации, включая фотографии окружающей территории и подробную карту. Места размещения должны регулярно проверяться, и каждая проверка должна

фиксироваться документально, чтобы подтвердить соответствие критериям выбора постов на протяжении всего времени.

- Процессы ОК/КК (регистрация ежедневных, еженедельных, ежемесячных...мероприятий).
- Обработка данных (методы передачи, хранения, оценки и представления данных до опубликования).

2.3.4 Выводы

- В принципе существуют четыре уровня гармонизации методов мониторинга. Чем выше уровень гармонизации, тем меньше требуется мер по обеспечению качества и точности, когда начинается практическая работа.
- Для веществ, загрязняющих воздух, таких, как РМ10, для которых устанавливаются нормативы или целевые показатели, в ЕС обязателен один из двух наивысших уровней гармонизации.
- Для стран ВЕКЦА было бы выгоднее (с точки зрения экономии времени, кадровых ресурсов и денег) при организации мониторинга РМ использовать опыт ЕС и принять эталонный метод ЕС (ручной отбор проб и гравиметрия) и эквивалентный метод (автоматический заменитель фильтров и гравиметрия), а не разрабатывать какой-либо другой эталонный метод или работать на более низком уровне гармонизации методом общего согласия.
- Прибор непрерывного автоматического контроля выпадает из этой "иерархии гравиметрии" в гармонизации на уровне ЕС. Однако его применение необходимо для выполнения некоторых задач мониторинга. При этом в течение некоторых периодов времени необходимо использовать прибор непрерывного автоматического контроля параллельно с методом гравиметрии для получения "локального поправочного коэффициента". Эта процедура сравнения должна быть проведена на каждом посту мониторинга по отдельности.

2.4 Вопросы создания сети мониторинга

Мониторинг экспозиции населения в отношении того или иного загрязняющего вещества в воздухе требует сбора данных о концентрации в нескольких местах в центрах пребывания людей, то есть, главным образом, в больших городах и в других густонаселенных территориях. Осуществление мониторинга на разных постах позволяет оценивать экспозицию и может совмещаться с моделированием и другими методами оценки экспозиции. Основная задача этого раздела заключается в представлении основных вопросов, которые необходимо рассматривать при планировании сети мониторинга в большом городе, например, в столице.

Планирование сети состоит из нескольких этапов, на которых необходимо собирать информацию по различным вопросам для обоснования принимаемых решений. В тех случаях, когда требуемая информация отсутствует, ее нужно собирать постепенно. Для планирования сети мониторинга РМ необходима следующая информация:

- план территории;
- пространственное распределение промышленных предприятий (с указанием типа, технологий, потенциально приводящих к значительным выбросам загрязняющих веществ, и существующих средств контроля выбросов, включая

высоту дымовых труб и т.д., что позволяет оценивать, насколько выбросы влияют на местные уровни загрязнения);

- данные о выбросах из всех значительных точечных источников загрязнения и основных рассредоточенных источников;
- пути прохождения и интенсивность основных транспортных потоков;
- топографические и метеорологические данные, касающиеся явлений рассеивания выбросов и переноса загрязнения;
- пространственное распределение населения, проживающего на данной территории;
- основные характеристики населения на различных территориях, включая состояние здоровья, распределение по возрасту, и т.д. (на последнее может указывать расположение больниц, школ, домов престарелых и т.д.).

Также может оказаться полезной вся информация о концентрациях загрязняющих веществах, наблюдаемых в предыдущие годы, или о любых наблюдениях, касающихся ущерба, нанесенного природе.

В начале планирования сети мониторинга РМ нужно дать ответ на следующие главные вопросы:

- Существует ли сегодня в городе сеть мониторинга загрязнения? Если да, то подходит ли она для мониторинга РМ или ее можно переделать таким образом, чтобы она включала и мониторинг РМ?
- Подходит ли существующая сеть для контроля соблюдения ПДК/целевых показателей?
- Подходит ли существующая сеть для оценки тенденции в концентрациях РМ, которая определена как неотложная задача для создаваемых сетей в странах ВЕКЦА?

На эти вопросы можно дать ответы при проведении первой оценки, которая включает и оценку возможностей существующей или модифицированной сети в сопоставлении с пространственным распределением промышленных предприятий и движения транспорта, существующими данными о выбросах и информацией о распределении населения.

В результате этой оценки могут быть сделаны выводы о том, что данная сеть:

- подходит для мониторинга РМ, то есть имеющиеся станции могут использоваться в качестве постов мониторинга РМ10, или
- должна быть перестроена, то есть одна или несколько существующих станций должны быть перемещены на несколько сот метров или должна быть установлена новая станция мониторинга.

При отсутствии сети место расположения новых постов мониторинга должно выбираться так, чтобы максимально строго соблюдались методические указания. Это должно привести к созданию наилучшей структуры сети и к наилучшим результатам.

Очень полезным при выборе места расположения прибора для мониторинга может быть использование модели качества воздуха. Модели качества воздуха используются для установления связи между выбросами и качеством воздуха на данной территории. Вклад выбросов из одного источника в концентрацию

загрязняющих веществ в приземном слое можно оценить при помощи относительно простой модели. Однако модели, необходимые для оценки поля концентрации над всем городским населенным пунктом, крайне сложны, особенно для взвешенных веществ и особенно на местности со сложным рельефом. Всякий раз при использовании модели результаты, полученные с ее помощью, должны сравниваться с данными измерений. Данные измерений также часто используются в качестве входных данных для калибровки и верификации модели.

Можно предположить, что мониторинг сначала будет осуществляться на сильнозагрязненных территориях с высокой плотностью населения. На таких территориях мониторинг следует осуществлять:

- в жилых кварталах города;
- в городском районе с крупными рассредоточенными промышленными источниками выбросов;
- возле улиц с оживленным движением или на улицах со сплошными рядами зданий по обеим сторонам (в т.н. уличных каньонах).

В каждом из сильнозагрязненных участков дополнительным источником выбросов всегда бывает движение транспорта. Уровни РМ в большой степени зависят от того, что находится в непосредственной близости от дороги. Наиболее высокие уровни РМ наблюдаются в так называемых уличных каньонах со сплошными рядами зданий по обеим сторонам. Загрязненный участок может находиться в континентальном равнинном регионе, в горном регионе, на морском побережье, или находиться под влиянием пустыни. Все эти условия неизменно влияют на выбор места расположения прибора для мониторинга.

Для защиты всего населения на представляющей интерес территории (и для получения сопоставимых данных о РМ из разных городов) необходима гармонизация типов постов мониторинга. Мониторинг РМ должен служить достижению следующих крупномасштабных целей:

- Генерировать данные для участков, где имеют место наивысшие концентрации взвешенных веществ, которые могут воздействовать на население в течение некоторого периода, значимого относительно периода усреднения, используемого для оценки воздействий на здоровье (средняя за 24 часа или средняя за год величина).
- Генерировать данные об уровнях концентраций в других участках, которые являются репрезентативными с точки зрения экспозиции населения в целом.

По практическим соображениям число постов мониторинга обычно бывает меньше, чем было бы нужно для точной оценки экспозиции. Поэтому эти несколько имеющихся станций мониторинга должны быть расположены так, чтобы можно было быть уверенным в том, что именно в этих точках будет проводиться мониторинг как можно большей части общей экспозиции населения по загрязняющим веществам.

При эксплуатации станции мониторинга необходимо также учитывать некоторые важнейшие характеристики прилегающих окрестностей поста мониторинга (см. "Микромасштабные условия" в отчете о Консультативном совещании ВОЗ в Москве).

При оценке вклада крупного промышленного предприятия в загрязнение среды может быть достаточно сложно выбрать оптимальное место расположения прибора для мониторинга РМ10, если имеется только один прибор. Точка, где могут быть зарегистрированы краткосрочные высокие пиковые концентрации загрязняющих веществ, может не совпадать с точкой, где имеет место высокая долгосрочная средняя концентрация. Первая точка может быть предпочтительнее, когда мониторинг РМ используется для оценки мер по снижению выбросов, намечаемых на предприятии. Вторая точка может быть более подходящей для оценки воздействия на людей и его динамики.

Наконец, в соответствии с условиями размещения в более крупном масштабе, один пост мониторинга РМ10 должен располагаться возле каждого из существующих очагов загрязнения и по крайней мере один пост должен располагаться в пригородном (или окраинном) жилом квартале. Кроме того, если позволяют имеющиеся ресурсы, еще один пост мониторинга должен быть создан за пределами городского района в сельской местности с фоновым уровнем концентраций. Сравнение данных "внутри городского населенного пункта" и "снаружи" может помочь понять поведение загрязнения воздуха над городским населенным пунктом, даже когда имеются только данные о массовой концентрации РМ10. Еще полезнее было бы организовать на этих двух станциях сбор данных о химическом составе, хотя бы летом или зимой (в местные метеорологические месяцы, представляющие интерес), поскольку они намного более точно покажут возможные разные источники происхождения загрязнения. Изучение сразу обеих совокупностей данных, а не только данных по городскому населенному пункту, облегчит поиск подходящей стратегии снижения загрязнения для данного региона.

Для лучшего понимания изменчивости концентрации РМ следует также осуществлять и мониторинг SO_2 и NO_x по крайней мере в одной точке в пригородном (окраинном) жилом квартале. Такой мониторинг не связан с беспокойством по поводу прямых воздействий этих газов на здоровье: для контроля этих воздействий мониторинг нужно вести отдельно.

При осуществлении мониторинга РМ в регионе, где временная структура загрязнения недостаточно понятна, представляется целесообразным использовать прибор для непрерывного автоматического измерения (оборудование С) в одной точке (в частности, в точке, где проявляется влияние промышленных предприятий), чтобы разобраться в краткосрочных колебаниях концентрации РМ10 в течение дня. Оценка влияния отдельных источников на уровень загрязнения будет проводиться более эффективно, если будут иметься метеорологические данные, по крайней мере, данные о направлении ветра.

Число постов мониторинга всегда будет представлять собой компромисс между требуемым покрытием данной территории, которое было бы достаточно репрезентативным для демонстрации улучшения качества воздуха, и вечно ограниченным бюджетом. Для определения минимального числа точек отбора проб с целью оценки соблюдения ПДК/целевых показателей на рассматриваемой территории, где проводятся измерения и где мониторинг является единственным источником информации о качестве воздуха, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Количество жителей (в оптимальном варианте следует начинать с одной станции на территории с населением от 200 до 300 тысяч человек и

увеличивать число станций по мере увеличения количества жителей; такой подход принят в Европейском Союзе).

2. Тип городского населенного пункта:
 - без крупных точечных источников или значительных рассредоточенных источников;
 - с одним крупным точечным источником (в данном случае одна станция должна быть расположена в месте, где ожидается наибольший вклад этого источника, а вторая в том направлении, где вклад этого точечного источника в уровни РМ маловероятен);
 - с одним значительным рассредоточенным источником (в данном случае одна станция должна быть расположена в месте, где ожидается наибольший вклад источников, а вторая в том направлении, где вклад этих источников в уровни РМ маловероятен);
 - с преобладанием точечных источников (в этом случае число постов должно быть рассчитано с учетом плотностей выбросов на территории, вероятного характера распределения атмосферного загрязнения и потенциальной экспозиции населения);
 - с преобладанием выбросов от транспортных средств.

3. То обстоятельство, что уровни концентрации одного загрязняющего вещества формируются выбросами из различных источников.

На начальной стадии мониторинга РМ10, для расчета числа постов мониторинга значение имеет лишь количество жителей (пункт 1). В пунктах 2 и 3 даются рекомендации о том, каким образом данное число постов мониторинга должно распределяться в городских населенных пунктах по участкам различных типов. Выбирая таким образом посты мониторинга РМ, можно рассчитывать, что сеть будет покрывать все значительные источники выбросов.

В большинстве городов территория с высокими уровнями загрязнения значительно меньше, чем населенная территория, для которой должны предприниматься меры в целях улучшения качества воздуха. Поэтому необходимо собирать данные для более обширной территории, нежели городской населенный пункт. Иногда данные о выбросах требуются для всей территории страны.

2.4.1 Выводы

- Мониторинг РМ должен начинаться в сильнозагрязненных районах, где загрязнение было вызвано различными источниками.
- Станции мониторинга должны всегда размещаться в наиболее загрязненных местах каждого из регионов.
- Данные, собранные сетью мониторинга, должны быть достаточными для определения экспозиции по отношению к РМ населения, которое проживает на территории, покрытой сетью.

3. Процедура мониторинга РМ

3.1 Планирование на региональном уровне

Оценка и предотвращение воздействия загрязнения на население в каждой стране должны быть самой ответственной задачей. Однако, в зависимости от административного устройства страны, сеть может планироваться на национальном, региональном или местном уровне. В любом случае на уровне государственного управления необходимо наличие четко определенной группы, которая обеспечивала бы гармонизацию всех требований мониторинга, включая ОК/КК, и которая отвечала бы за подготовку отчетов и оценок на основании данных мониторинга, а также за обучение сотрудников.

Программа мониторинга должна корректироваться в соответствии с региональными/местными нуждами, условиями и правилами. Она должна быть реально осуществимой, но даже в условиях ограниченности ресурсов и финансирования программа должна удовлетворять основным требованиям, описанным в предыдущих разделах данного документа. Продолжительность планирования и процесса приготовлений к созданию сети будет короче, если будет больше необходимых на начальном этапе данных и если эти данные будут лучшего качества. В частности, весьма важны данные об источниках выбросов РМ. Подготовительная работа включает в себя:

- сбор всех имеющихся данных;
- анализ ситуации на местном уровне;
- первоначальный выбор мест мониторинга;
- начало мониторинга РМ.

Необходимо осуществлять оценку концентрации как РМ10, так и РМ2,5. Однако в силу большей изменчивости (пространственной) РМ10, сетью мониторинга РМ должны будут проводиться измерения РМ10 во всех выбранных местах, и лишь в немногих из этих мест одновременно нужно будет проводить и мониторинг РМ2,5.

3.2 Подготовительная работа

3.2.1 Пилотный проект

При планировании сети было бы разумно начать с пилотного проекта, чтобы как следует понять пространственное распределение концентрации РМ и определить участки с наиболее высокой концентрацией. Часто работу по пилотному проекту приходится начинать, не имея данных о концентрации РМ в атмосфере. В таких случаях качество воздуха должно основываться на первых оценках выбросов из отдельных источников и на различных оптических наблюдениях, например, определение мест, где природе был нанесен ущерб.

В ходе пилотного проекта мониторинг должен осуществляться главным образом в фиксированных точках, чтобы оценить тенденции. Для предварительной оценки можно использовать несколько мобильных станций мониторинга (приборов контроля, перемещаемых из одного места в другое). Используемое при этом

оборудование должно включать в себя главным образом гравиметрические пробоотборники с автоматическим заменителем фильтров и прибор для непрерывного автоматического контроля.

В случае, когда количество оборудования ограничено или территория мониторинга слишком велика, можно рассмотреть вариант разделения территории на две или три части, и решить, каким образом это можно сделать. Оценка на этих частях территории будет осуществляться с помощью имеющегося оборудования по очереди. Поэтому на каждой части территории мониторинг будет начинаться с задержкой в один год. В этом случае было бы разумно использовать один прибор с автоматическим заменителем фильтров в одной фиксированной точке в части территории 1 во время периодов проведения измерений в частях 2 и 3. Продолжительность пилотного проекта должна быть ограничена одним годом для каждой части территории.

Планирование будет проходить более оперативно в тех районах, где уже имеются данные по РМ10.

Пилотный проект необходим для сбора информации о пространственных и временных характеристиках поля концентрации РМ. Оценка всех собранных данных мониторинга вместе с данными о выбросах и метеорологических/топографических данными позволяет начать детальное планирование сети. Подобный анализ дает первую информацию об источниках выбросов (в конкретных метеорологических условиях), которые вносят наибольший вклад в концентрацию РМ в определенной точке мониторинга. Качество оценки может быть выше при наличии данных о химическом составе РМ10.

Данные, собранные в ходе пилотного проекта, также послужат основой для:

- Принятия решения о том, останутся ли выбранные точки мониторинга в сети и следует ли продолжать подготовительную работу в той или иной точке еще на один год.
- Необходимой оценки правильности предварительной оценки ситуации. Предварительная оценка означает сравнение ситуации с ПДК/целевыми показателями.

В это же самое время необходимо также начать выяснять возможности снижения выбросов, влияющих на концентрацию РМ. Это самый главный вопрос, потому что очень часто источник или источники выбросов, которые вносят наибольший вклад в наблюдаемую концентрацию РМ, находятся за пределами территории города. Иногда существенная часть концентрации бывает вызвана переносом загрязнения из прилегающих или даже из отдаленных районов.

3.2.2 Соотношение источник-рецептор

В каждом из районов вклад различных источников в общий объем выбросов будет разный. К основным источникам РМ могут относиться отопление домов, транспорт и некоторые промышленные предприятия, такие, как сталелитейные заводы или коксовые батареи. Локальное распределение источников выбросов в сочетании с топографическими и метеорологическими условиями приводит к определенным

атмосферным концентрациям РМ, которые меняются в течение года, недель и суток.

Знание химического состава РМ позволяет делать выводы о вкладе различных групп источников выбросов. Оно также косвенно указывает на то, какая часть загрязнения вызвана местными или региональными источниками, а какая переносится издалека. Это знание помогает на подготовительной фазе при выборе наиболее подходящей точки для мониторинга РМ, и крайне необходимо для выбора наиболее эффективной стратегии сокращения выбросов.

Таблица 5: Компоненты в составе РМ, их источники и наиболее подходящий метод анализа

Компоненты	Источники/Образование	Аналитические методы
Анионы: сульфат, нитрат, аммиак	Все основные источники SO ₂ и NO _x , такие как отопление в домах, выработка энергии, металлургические процессы, транспорт,... сельскохозяйственная деятельность → вторичный компонент, возникающий в результате химических реакций при переносе по воздуху. В некоторых регионах: небольшое количество может являться первичным компонентом, возникающим из морской соли или минеральных веществ, таких, как гипс.	Ионная хроматография
Элементарный углерод	Так называемый черный дым (сажа) образуется при сжигании ископаемого топлива (уголь, нефть, природный газ) и топлива из биомассы.	Термо-оптический метод с коррекцией на обугливание
Органический углерод	Возникает частично непосредственно от транспорта (выхлопы) и источников сгорания, а в качестве вторичного загрязняющего вещества - как продукт окисления летучих органических соединений (ЛОС). Большинство из них высокотоксичны; некоторые из этих компонентов могут считаться компонентами-индикаторами, как бензо(а)пирен.	Термо-оптический метод с коррекцией на обугливание
Микроэлементы-металлы: свинец, кадмий, ртуть, никель, хром, цинк, марганец...	Возникают в ходе металлургических процессов, таких, как производство стали, или из добавок/примесей используемых в промышленности продуктов, из примесей или добавок к топливу, а также в результате процессов механического истирания (при движении автомобиля и торможении и при износе шин).	ICP-MS* или GF-AAS**
Минералы: алюминий, кремний, железо, кальций	Минералы земной коры (твердая порода и почва); возникают при	ICP-MS*

	карьерной добыче, строительстве и сносе зданий, из пыли, переносимой ветром (в основном в грубой фракции РМ)	
Следовые органические соединения	Очень большое число отдельных органических соединений. Образуются непосредственно в процессе сгорания топлива. Вырабатываются при движении транспорта и из растворителей: ароматические соединения, такие, как бензол и толуол. От растительности, в особенности хвойных деревьев и вереска: монотерпены. Могут также встречаться и дополнительные вторичные органические соединения.	ICP-MS*
Вода	Некоторые водорастворимые компоненты, такие как сульфаты аммония, нитраты аммония и хлорид натрия, поглощают воду из атмосферы	
Хлорид натрия	Морская соль	Ионная хроматография
Все соединения	Характерные для отраслей промышленности на данной территории	

* Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.

** Атомно-абсорбционная спектрометрия с электротермической атомизацией в графитовой кювете.

В таблице 5 приведены основные компоненты РМ10 и их основные источники. В таблице показаны группы компонентов, на которые может быть выполнен анализ одним методом.

Большинство этих компонентов антропогенного происхождения. Некоторые из них выбрасываются в ходе геогенных или биогенных процессов. Данные химического анализа в сочетании с данными о местных выбросах и метеорологических данными позволяют делать выводы о том, какой источник выбросов и в какой степени вносит вклад в конкретную ситуацию в данной точке мониторинга. Для того, чтобы выяснить, на какие компоненты нужно проводить анализ, следует изучить различные виды промышленных предприятий, расположенных на данной территории, и применяемые на них различные технологии в сочетании с данными о местных выбросах. Чтобы убедиться в том, что ни один важный компонент не был упущен, необходим первоначальный скрининг. Опыт показывает, что арифметическая сумма величин концентрации всех компонентов будет меньше, чем сама концентрация на единицу массы. В большинстве случаев эту разницу нельзя отнести на счет какого-либо конкретного источника/соединения.

При изучении вопроса о наличии местной лаборатории, которая могли бы быть подключена к проведению химического анализа проб РМ10, региональная группа по разработке плана мониторинга должна будет ответить на следующие вопросы:

- Существует ли в городе/регионе/стране химическая лаборатория, оснащенная подходящим оборудованием?
- В какой области химических анализов имеется опыт?
- Какие проводились внутрилабораторные сравнения (внутренний контроль)?

- Какие проводились межлабораторные сравнения с другой лабораторией в стране?
- Какие проводились межлабораторные сравнения с какой-либо лабораторией в Европе?

Если подходящая лаборатория существует и ее методики удовлетворяют по крайней мере критериям национальных межлабораторных сравнительных испытаний, региональная группа по разработке плана может прийти к решению о проведении анализа химического состава РМ в этой лаборатории. Если такую лабораторию найти нелегко или ее нельзя создать на начальных этапах мониторинга, более выгодным с точки зрения затрат и эффективности было бы воспользоваться лабораторией на стороне, которая выполняет аналогичные анализы в обычном порядке.

4. План организации мониторинга РМ в странах ВЕКЦА

На основании общих принципов, представленных в предыдущих главах, в данной главе дается краткий обзор того желательного минимума мероприятий, который необходим для начала мониторинга РМ в странах ВЕКЦА.

Зачем проводить мониторинг РМ?

Главная задача мониторинга РМ заключается в наблюдении за экспозицией людей в отношении загрязняющих веществ и проверке соответствия качества воздуха ПДК/целевым показателям (если они были установлены в данной стране). Эта информация необходима для оценки величины вреда, наносимого здоровью в результате экспозиции по РМ.

Кроме этого, мониторинг дает информацию о:

- концентрации РМ в определенных точках и ее тенденции во времени;
- пространственном распределении РМ в городе;
- составе РМ в городе;
- связи концентрации РМ с источниками выбросов.

Для сбора данных о РМ₁₀, которые были бы сопоставимы в одной стране и во всех странах ВЕКЦА, необходимо гармонизировать мониторинг РМ. Для гармонизации необходима большая подготовительная работа; гармонизация занимает много времени и требует бюджетных и кадровых ресурсов, однако она абсолютно необходима для обеспечения достоверности данных. Такие достоверные данные мониторинга непосредственно показывают величину экспозиции человека по РМ и указывают на наиболее эффективные стратегии сокращения выбросов. Первоочередной целью получения данных мониторинга РМ должно быть обеспечение разработки стратегий борьбы с загрязнением.

4.1 Подготовительная работа в странах ВЕКЦА

Упорядоченный, гармонизированный подход, применяемый во всех странах ВЕКЦА, мог бы быть основан на их собственных обсуждениях, знаниях и разработках, или можно было бы использовать опыт, накопленный в последние годы странами ЕС, которые разработали те методы, которые в настоящее время применяются в ЕС. Использовать рекомендуется последний подход, поскольку он дешевле, не требует значительного исследовательского потенциала и позволит сэкономить несколько лет, которые в противном случае потребовались бы для подготовки методов. Более того, данные о PM₁₀, собранные в странах ВЕКЦА в соответствии с европейским нормативом (EN 12341), будут сопоставимы с результатами мониторинга, проводимого во всех странах ЕС.

Для начала оценки тенденций в изменении концентрации PM необходимо как можно быстрее обеспечить получение данных в нескольких выбранных местах. Это послужит основой для первоначальных мер, направленных на снижение выбросов. Поэтому вместо того, чтобы несколько лет ждать данных, пока создается вся инфраструктура, необходимая для всеобъемлющего мониторинга PM, рекомендуется как можно скорее начинать эксплуатацию по крайней мере одного прибора для непрерывного автоматического контроля для наблюдения тенденций в содержании PM₁₀. На этом начальном этапе, когда локального поправочного коэффициента еще нет, для преобразования результатов, полученных от прибора автоматического контроля, в гравиметрические эквивалентные данные будет использоваться рекомендуемый для стран ЕС поправочный коэффициент по умолчанию (=1,3) (только в течение строго ограниченного периода времени, например, 3 года). Эти результаты будут использоваться для планирования сети и информирования общественности.

В качестве второго шага следует развивать инфраструктуру для внедрения гравиметрических измерений, позволяющую осуществлять мониторинг PM₁₀ методом более высокого уровня гармонизации (эквивалентным или эталонным). Это гравиметрическое оборудование вместе с прибором для непрерывного автоматического мониторинга будут использоваться для пилотного проекта.

Если в регионе проводится мониторинг TSP (общее содержание взвешенных веществ), необходимо быстро реорганизовать сеть таким образом, чтобы можно было осуществлять надлежащий мониторинг PM₁₀. Однако в период планирования и в процессе реорганизации сети мониторинг TSP прекращаться не должен и при возможности сбор данных должен осуществляться параллельно. Это позволит достичь понимания примерной зависимости между величинами TSP, измеряемыми по старой методике, и собранными новыми данными о PM₁₀.

На промышленных территориях, где стратегии по снижению выбросов не осуществлялись или почти не осуществлялись, высокие концентрации в атмосфере SO₂ часто сопровождаются высокой концентрацией PM. Поэтому в качестве первого шага можно проверить, соответствуют ли точки с высокой концентрацией SO₂ основным требованиям, предъявляемым к выбору точек для мониторинга PM₁₀, и использовать их в пилотном проекте.

4.2 Выбор метода мониторинга и оборудования

Учитывая, что каждый из методов мониторинга PM₁₀/PM_{2,5} имеет свои преимущества и недостатки, заимствование опыта стран ЕС в выборе подхода к гармонизированному мониторингу позволит значительно снизить расходы и сэкономить усилия по организации мониторинга PM в странах ВЕКЦА. В связи с этим рекомендуется использовать:

- Гравиметрическое оборудование в качестве эталонного метода, и
- Автоматический заменитель фильтров в качестве эквивалентного гравиметрического метода (см. оборудование в таблице 1).

Для дополнительных измерений и описания изменений концентрации PM во времени должны использоваться приборы автоматического мониторинга.

Кроме того, рекомендуется следующий подход:

- Методом предпочтения для мониторинга PM должен быть эквивалентный гравиметрический метод.
- Учитывая потребность в постепенном развитии сети, укреплении организационно-кадрового потенциала и накоплении опыта, наиболее разумно было бы начать с использования эквивалентного гравиметрического метода, для мониторинга PM₁₀ по крайней мере в одной точке на территории, представляющей интерес.
- Что касается других (немногих) точек, мониторинг PM₁₀ должен проводиться с помощью прибора (приборов) для непрерывного автоматического измерения. Экспертом должен быть установлен местный поправочный коэффициент.
- До появления оборудования для гармонизированного мониторинга PM₁₀ следует продолжать использовать имеющееся и эксплуатируемое оборудование (и даже мониторинг TSP).
- Еще одним вариантом является мониторинг одновременно грубой фракции PM (PM₁₀-PM_{2,5}) и PM_{2,5} в одной точке при помощи дихотомического последовательного пробоотборника.

Оборудование для мониторинга PM должно быть установлено в контейнере, а не в здании, поскольку входное устройство воздухозаборника для мониторинга PM должно быть вертикальным и прямым, в отличие от мониторинга газообразных соединений, где можно использовать изогнутую воздухозаборную трубку.

4.3 Места расположения станций мониторинга

Опыт многих стран показывает, что лучше проводить мониторинг PM на меньшем числе территорий, используя адекватный метода мониторинга PM, чем на большем числе территорий с помощью неадекватного метода. Поэтому рекомендуется:

1. Начинать мониторинг PM в одном или двух городах, включая столицу как город с самым большим населением.
2. Быстро собрать первые данные по этим городам.
3. Накопить опыт, создать организационно-кадровый потенциал и начать использовать эти данные для управления качеством воздуха и определения политики в этой области.

4. Расширять сеть на другие города только после того, как будет накоплен первоначальный опыт.

Группа по разработке плана должна провести первый выбор точек мониторинга в пределах территории, представляющей интерес, на основании имеющегося у нее знания местной специфики и местных данных. Для оценки экспозиции населения по PM10 в большом городе мониторинг следует начинать по крайней мере в следующих точках:

- Две точки в жилых кварталах города;
- Одна точка в промышленном районе; и
- Одна точка возле дороги.

По крайней мере в одной точке в городском жилом квартале, где осуществляется сбор данных о PM10, необходимо также измерять концентрацию PM2,5. Более того, заранее думая о принятии необходимых стратегий борьбы с загрязнением, весьма полезно было бы организовать дополнительный мониторинг PM10 на одной из фоновых станции в сельской местности.

Когда начинается мониторинг PM в городе, в наличии обычно имеется меньше оборудования, чем это необходимо. В практических примерах, представленных ниже, указывается, где в первую очередь нужно размещать имеющееся оборудование для мониторинга в целях сбора информации о концентрации PM, из каких критериев исходить при поиске наиболее подходящей системы оценки экспозиции городского населения по загрязняющим веществам и как определять характеристики PM.

4.3.1 Пример 1: наличие лишь автоматических заменителей фильтров

Имеющееся оборудование	Тип точки мониторинга PM10	Тип точки мониторинга PM2,5
1 автоматический заменитель фильтров	Точка в городском жилом квартале	
2 автоматических заменителя фильтров	<ul style="list-style-type: none"> • Точка в городском жилом квартале • Точка в промышленном районе 	
3 автоматических заменителя фильтров	<ul style="list-style-type: none"> • Точка в городском жилом квартале • Точка в промышленном квартале 	Городской жилой квартал
3 автоматических заменителя фильтров	<ul style="list-style-type: none"> • Точка в городском жилом квартале • Точка в промышленном районе • Точка для оценки влияния автотранспорта 	

Устройство для ручного отбора проб дешевле, чем автоматический заменитель фильтров. Однако при использовании ручного оборудования фильтр необходимо менять каждые сутки в полночь для того, чтобы получать 24-часовую пробу за одни календарные сутки. Это непрактично, повышает риск пропуска данных и затрудняет поддержание устойчивого качества измерений. По этой причине использование подобного оборудования для мониторинга в порядке обычной практики не рекомендуется.

Мониторинг в точках дорожного движения на начальном этапе мониторинга не столь важен. Измерения в подобных местах проводить труднее, и их результаты в значительной степени зависят от микромасштабных характеристик такого поста мониторинга (удаленность от дороги, нахождение в уличном каньоне, его размеры, форма и ориентация относительно направления ветра). Вообще говоря, концентрации РМ на автотранспортных постах не являются репрезентативными с точки зрения экспозиции населения. Измерения на нескольких постах вблизи дорог следует начинать тогда, когда у вас будут данные о РМ по результатам по крайней мере годичного мониторинга во всех остальных типах точек.

4.3.2 Пример 2: наличие одного дополнительного прибора для непрерывного автоматического мониторинга

Число имеющихся автоматических заменителей фильтров	Местонахождение автоматического заменителя фильтров	Местонахождение дополнительного прибора для непрерывного автоматического мониторинга
1 автоматический заменитель фильтров	Точка в городском жилом квартале	Точка в промышленном районе
2 автоматических заменителя фильтров	<ul style="list-style-type: none">• Точка в городском жилом квартале• Точка в промышленном районе	Точка в промышленном районе
3 автоматических заменителя фильтров	<ul style="list-style-type: none">• Точка в городском жилом квартале• Точка в промышленном районе• Автотранспортный пост	Первый год: точка в промышленном районе (Второй год: автотранспортный пост)

Прибор для непрерывного автоматического мониторинга должен работать в те же периоды времени, что и прибор для мониторинга PM₁₀ с автоматическим заменителем фильтров, чтобы можно было получать информацию о временных изменениях. Данные с прибора для непрерывного автоматического мониторинга должны корректироваться с помощью местного поправочного коэффициента. Оценку влияния суточных/недельных временных колебаний в дорожном движении на уровне загрязнения очень легко и не столь дорого осуществлять путем мониторинга CO.

4.3.3 Пример 3: наличие трех разных видов оборудования

Дихотомический пробоотборник одновременно измеряет массу двух фракций PM – PM_{2,5} и (PM₁₀ минус PM_{2,5}) – и путем арифметического сложения двух этих величин также массу PM₁₀. В этом заключается большое преимущество этого пробоотборника. Однако его серьезным недостатком является то, что для химических анализов PM₁₀ нет единой пробы PM₁₀.

Нет никакой информации об эквивалентности дихотомических пробоотборников эталонным пробоотборникам. Следовательно, их нельзя использовать для проверки соблюдения ПДК/целевых показателей ЕС, и они также не рекомендуются для использования в этих целях в странах ВЕКЦА. Однако дихотомический пробоотборник может использоваться для предварительной оценки PM и представляет собой удобный вариант оборудования, которое нужно перевозить с одной точки в другую после завершения предварительной оценки за один год.

Оборудование	Пример 3а	Пример 3б
1 дихотомический пробоотборник	Точка в городском жилом квартале	Точка в промышленном районе
1 автоматический заменитель фильтров (PM10)	Точка в промышленном районе	Точка в городском жилом квартале
1 прибор для непрерывного мониторинга (PM10)	Точка в промышленном районе	Точка в промышленном районе

Дихотомический пробоотборник весьма удобен для наблюдения за экспозицией населения, поскольку он позволяет получать данные о концентрации обеих интересующих нас фракций РМ. Эту информацию можно получить в примере 3а. Однако также было бы весьма эффективно использовать дихотомический пробоотборник в регионе с разными источниками промышленных выбросов (включая химические предприятия) либо автономно, либо вместе с прибором для непрерывного мониторинга. Этот метод, представленный в примере 3б, облегчает определение характеристик выбросов от промышленных предприятий.

4.4 Оборудование

Оборудование, необходимое для мониторинга РМ, - это собирательный термин, который охватывает:

- Приборы для мониторинга РМ, а также все расходуемые материалы (в частности, фильтры) и дополнительное оборудование для установки, защиты и эксплуатации в составе комплекта приборов для мониторинга.
- Оборудование для лабораторий и мастерских, необходимое для настройки, ремонта и регулировки приборов для мониторинга; запасные части для наружного мониторинга, а также приборы для химических анализов.

При использовании автоматического заменителя фильтров для мониторинга РМ в сети должно быть в наличии следующее оборудование:

- контейнер;
- комната для взвешивания с регулируемой температурой и влажностью;
- весы повышенной чувствительности;
- расходомер воздуха.

Если мониторинг начинается только с использования прибора для непрерывного автоматического измерения, потребности в лабораторном оборудовании меньше, поскольку необходим только расходомер. Однако необходимо как можно скорее установить и гравиметрический прибор для мониторинга с автоматическим заменителем фильтров, чтобы определить локальный поправочный коэффициент.

Оборудование для химического анализа будет различаться в зависимости от того, на какие соединения будут производиться анализы. В таблице 5 перечислены виды необходимого оборудования, но выбирать его нужно исходя из местных условий и источников выбросов. На раннем этапе процесса планирования сети необходимо определить, следует ли в сети создавать собственные лабораторные мощности для химических анализов или их выполнение можно поручить на договорной основе

сторонним (иногда зарубежным) лабораториям. Принимая такое решение, следует учитывать аргументы, касающиеся необходимого опыта лаборатории и качества анализов, представленные в разделе 3.2.2.

4.5 Представление и распространение информации

Основное предназначение мониторинга заключается в обеспечении программ в области качества воздуха и мероприятий по управлению качеством воздуха достоверной, ясной и полной информацией о концентрациях загрязняющих веществ в воздухе, их пространственных и временных характеристиках, экспозиции населения к загрязнению наружного воздуха и о связи этих факторов с источниками загрязнения. Это делается посредством регулярного предоставления информационных сводок лицам, принимающим решения, и населению. На начальных этапах функционирования сети следует подготавливать ежегодные отчеты. На последующих этапах кроме этого нужны будут и ежемесячные отчеты. Необходимо заранее составить четкий и простой план стандартного отчета и корректировать его в соответствии с замечаниями пользователей о первых отчетах. В отчетах должны быть представлены характеристики мест проведения мониторинга (жилые или промышленные районы, окрестности автомагистралей) и содержаться толкование данных, чтобы можно было провести оценку экспозиции населения, проживающего на территории, охваченной мониторингом. Если заданы местные ПДК или целевые показатели, они должны использоваться в качестве базы для сравнения, облегчающего интерпретацию результатов мониторинга. Дополнительную информацию, необходимую для планирования и оценки результатов мер по снижению загрязнения, дадут результаты моделирования на местном уровне, увязывающие концентрации с отдельными источниками выбросов или их группами (например, транспорт, крупные точечные источники, и т.д.).

Надежные текущие данные в реальном масштабе времени об уровнях РМ получить невозможно, в отличие от таких же данных, которые имеются о некоторых газообразных соединениях. Данные, полученные от приборов для непрерывного автоматического измерения, должны перед использованием корректироваться с помощью локального поправочного коэффициента, но такой поправочный коэффициент рассчитывается на основе более длительных периодов (множество однодневных измерений) и недостоверен для очень коротких промежутков (часов). Для распространения по телефону, телетексту или Интернету может быть представлена только приблизительная ежедневная информация в реальном масштабе времени, например, в виде некоторого индикатора, а не точной цифры концентрации. Результаты более надежного гравиметрического метода с автоматическим заменителем фильтров появляются только после того, как фильтры соберут и взвесят, и сроки появления данных могут составлять от нескольких дней до нескольких недель.

Все собранные данные, равно как и вся другая представляющая интерес информация, должны незамедлительно доводиться до сведения всех групп, занимающихся оценкой качества воздуха на территории, покрытой сетью мониторинга. Задача по обеспечению связи между специалистами различного профиля и выполняющими различные функции в сети лежит на руководстве сети. Быстрое, непосредственное распространение информации необходимо как гарантия успеха координации работы в различных группах и между различными группами, участвующими в работе сети. Оно также повышает способность своевременного нахождения необходимых данных.

4.6 Кадры и институциональная инфраструктура

Для планирования, создания и эксплуатации сети мониторинга РМ необходимо специально отведенное только для этого рабочее время различных специалистов и лиц, принимающих решения. Стержнем работы сети должна стать назначенная для этой функции организация, имеющая постоянный штат сотрудников и высокообразованных специалистов. Некоторые задачи планирования и эксплуатации могут выполняться другими учреждениями или независимыми экспертами, которые, однако, должны работать по четко определенным (при необходимости – на договорной основе) ролям и заданиям. Привлеченные к этой работе сотрудники должны будут выполнять следующие задачи:

Этап 1: Планирование сети.

Этап 2: Контроль за тем, чтобы она создавалась в соответствии с планом; решение практических задач, возникающих в ходе создания сети и ее функционирования на начальном этапе.

Этап 3: Эксплуатация сети, включая регулярную отчетность и периодический анализ работы сети.

Для выполнения разных задач необходимо участие экспертов из разных областей знания. Для этапа 1 требуется привлечь специалистов из академических или научно-исследовательских учреждений, которые способны повысить уровень знаний и специальных навыков базовой группы штатных сотрудников и консультировать местные органы, ответственные за создание сети. На этой стадии могут оказаться весьма полезными сторонние (в том числе и иностранные) специалисты, которые могут поделиться практическим опытом создания сетей в других городах (странах). Сотрудники, участвующие в этапах 2 и 3, должны главным образом набираться из местных учреждений (или одного учреждения) и иметь хорошую подготовку по всем техническим операциям и лабораторным методикам, которые необходимы для создания и эксплуатации сети. Они должны пройти обучение до начала эксплуатации системы (либо на месте, либо в других действующих сетях, использующих то же самое оборудование) и проходить регулярное повышение квалификации в процессе текущей работы, чтобы тем самым было обеспечено постоянное качество результатов мониторинга.

4.7 Сроки исполнения

В основу представленного ниже схематического плана положен практический опыт создания сетей в европейских городах. Время, требуемое для выполнения каждой задачи, указано приблизительно и может различаться в разных городах/странах в зависимости от местных условий и от решений о том, какого уровня гармонизации сети желательно будет достичь к определенному сроку. Здесь предлагается следовать постепенному, поэтапному подходу, который позволяет измерять прогресс в создании сети и обеспечивать ее стабильную методологическую основу.

Можно выделить следующие этапы создания сети:

1. Этап планирования.
2. Этап подготовительной работы.
3. Создание сети.
4. Эксплуатация сети.
5. (Перепланирование).

Первый этап планирования самый важный. Он должен начинаться с самого начала проекта и включает в себя перспективное планирование всех этапов. Однако в ходе процесса необходимо осуществлять дополнительное планирование для приведения общих планов в соответствие с накопленным опытом и данными.

В качестве итога этапа планирования 1 должны приниматься решения на самом высоком уровне руководства и должны быть определены основные требования к сети. На этом этапе должны быть определены:

- Критерии качества воздуха, которые будут использоваться сетью (ПДК, целевой или нормативный показатель).
- Тип эталонного метода и эквивалентного метода (методов), то есть уровень гармонизации сети.
- Организационная структура и распределение ответственности.
- Источники финансирования.

Если этап планирования 1 является обязательным для всего города или даже для страны, то подготовительная работа подразумевает изучение ситуации на местном и региональном уровне и сведение воедино всей необходимой местной информации. Основные виды работ на этом этапе общеизвестны, однако требуемый объем работы зависит от качества и наличия необходимых документов, а также от опыта занятых на этом этапе сотрудников.

В таблице 6 дан обзор основных видов деятельности во время подготовительного этапа и создания сети (этапы 2 и 3). В ней показана последовательность действий и примерно указывается продолжительность каждого этапа, однако не говорится о рабочей нагрузке, которая может зависеть от местных условий. Также указываются даты начала работ. Конец этапа планирования 1 является "временем нуль" для начала подготовительной работы. Переход от подготовительной работы к созданию сети является достаточно плавным. Его можно видеть между этапами 10 и 11, то есть примерно через полгода после начала подготовительной фазы.

Этот оптимистичный обзор показывает, что первая станция мониторинга может начать работу через 15 месяцев после начала подготовительного этапа. Вполне реально говорить о том, что, если не возникнет никаких проблем при поставках оборудования и в получении всех необходимых разрешений для первой точки мониторинга, каждая последующая точка мониторинга будет вступать в строй действующих в нормальном режиме через 6 месяцев. Рабочая нагрузка при подготовке сети будет примерно одна и та же, независимо от того, будет ли на той или иной точке сети осуществляться мониторинг только PM10 или одновременно PM10 и PM2,5.

Таблица 6: Виды деятельности в ходе подготовительной работы и создания сети

Этап	Виды деятельности	Дата с момента начала работ	Продолжительность
1	Учебный семинар для ведущих сотрудников, занимающихся подготовкой к созданию сети	Немедленно	2-4 дня
2	Сбор (по возможности) всей необходимой имеющейся информации, главным образом данных об экспозиции населения к загрязнению воздуха, данных о выбросах и метеорологических и топографических данных	Немедленно	Полгода – год
3	Выработка отсутствующей информации (включая создание реестра/ инвентаризацию выбросов, если его еще нет)	Немедленно	От нескольких дней до 3 лет
4	Анализ собранных данных, объединение информации, выработка первых выводов относительно выбора точек мониторинга	Немедленно	Полгода – год
5	Принятие решения о типах станций мониторинга и их количестве	6-й месяц	Несколько дней
6	Принятие решения о том, какие виды оборудования использовать	6-й месяц	1 месяц
7	Принятие решения о том, следует ли проводить взвешивание фильтров в собственной лаборатории/базовом учреждении (нужна специальная комната для взвешивания с кондиционированием воздуха) или в сторонней лаборатории	Немедленно	Несколько дней
8	Планирование, установка, испытания	В первые месяцы	Несколько дней/недель
9	Разработка системы передачи данных из контейнера в центральный пункт управления, а также системы обработки, анализа и хранения данных	Немедленно	1-3 месяца
10	Выработка условий тендера, принятие решений, постепенный заказ оборудования, определение сроков поставки	7-й месяц	До 7 месяцев
11	Первоначальное планирование сети (кабинетная работа)	7-й месяц	Несколько дней
12	Осмотр возможных мест мониторинга и информация для этапа 11	7-й месяц	В зависимости от количества точек
13	Может возникнуть необходимость в пересмотре запланированной сети (этап 11)	8-й месяц	Несколько дней/недель
14	Получение необходимых разрешений на установку станции мониторинга (земельный участок, подведение силового электропитания, подключение к телефонной линии)	8-й месяц	До 6 месяцев
15	Строительство инфраструктуры (после успешного выполнения этапа 12) для эксплуатации контейнера в выбранной точке (проводка подземных кабелей; при необходимости возведение ограждения)	Не позже, чем 14-й месяц	До 3 недель на точку
16	Приемка поставок оборудования, проведение опытного запуска приборов для мониторинга в конторе поставщика или в центральном управлении	Не позже, чем 14-й месяц	1 месяц
17	Установка и испытание всего оборудования для мониторинга РМ в каждой точке поочередно	Не позже, чем 14-й месяц для первой точки	1 месяц
18	Начало обучения операторов приборов мониторинга – будущих специалистов по эксплуатационному обслуживанию оборудования	Не позже, чем 14-й месяц (сразу после этапа 16)	Несколько дней для каждого вида прибора
19	Начало обучения калибровке приборов для мониторинга	Не позже, чем 14-й месяц	1 неделя для трех типов

Эксплуатация сети означает непрерывное обслуживание всех приборов для мониторинга и оборудования в целях получения данных о РМ и всех других соответствующих данных на регулярной основе. В первые годы число точек сети может постепенно возрастать, но может также потребоваться и внесение некоторых корректив в выбор точек. Более того, в некоторых точках может возникнуть необходимость замены или добавления оборудования, когда потребуются более подробные данные. Например, для получения более подробного описания временной характеристики концентраций РМ может потребоваться прибор для непрерывного автоматического мониторинга, или же для проведения химических анализов РМ10 понадобится гравиметрическое оборудование.

В результате анализа данных мониторинга в первые несколько лет эксплуатации сети будет получена информация о пространственном распределении РМ в городе. Ее следует использовать при рассмотрении вопроса о необходимости перепланирования сети.

5 Калькуляция издержек

Группа по планированию сети должна понимать, что программа мониторинга должна быть эффективной с точки зрения затрат. Однако финансовые ресурсы нужно определить и получить не только для создания первичной инфраструктуры и приобретения оборудования на начальном этапе, но и для эксплуатации сети, то есть оборудования, материалов и штата сотрудников в течение нескольких последующих лет. Помимо этого, существует потребность в помещениях для офисов, мастерских и лабораторий, и в приведении этих помещений в соответствие с выполняемыми функциями. При рассмотрении экономических аспектов программ мониторинга необходимо полностью учитывать расходы на установку и техническое обслуживание оборудования, сбор и обработку данных, обеспечение качества и расходы на механизм контроля.

В приведенных ниже таблицах даны примерные существующие в настоящее время цены на оборудование в евро. Однако их следует рассматривать лишь как очень приблизительный ориентир, поскольку реальная стоимость будет зависеть от тендера, количества заказываемых приборов для мониторинга и другого оборудования, условий поставки, гарантии производителя, налогов и т.д. Некоторые оценки будут выражены только в человеко-днях работы.

Подготовительная работа

Несмотря на то, что задачи подготовительного этапа четко определены (см. таблицу 6), стоимость их выполнения подсчитать трудно. Объем работы на этом этапе зависит от опыта участвующих в ней сотрудников, площади территории, покрываемой сетью, и наличия и качества необходимой базовой информации. Никакого специального оборудования на данном этапе не требуется.

Приобретение оборудования для выполнения наружных работ

Приобретение некоторых позиций оборудования потребуется только с момента начала эксплуатации сети. Некоторые другие позиции нужно будет поставлять либо постоянно, либо только после нескольких лет работы сети. В таблице 7 дается обзор приблизительной стоимости различных видов оборудования для мониторинга РМ, которое имеется в настоящее время и может использоваться сетью.

Таблица 7. Стоимость оборудования для мониторинга РМ

Оборудование	Соображения по поводу качества данных	Приблизительная стоимость в евро
Контейнер (включая регулирование влажности и температуры, стойки, ветровую мачту)		22 000 – 30 000
KleinfILTERgerat	Эталонный метод РМ10	10 000
Digitel	Эквивалентный метод РМ10	20 000
Partisol	Эквивалентный метод РМ10	15 000
β-затухание	Требуется локальный поправочный коэффициент	16 000-30 000
Вибрационные микровесы с коническим элементом (ТЕОМ)	Требуется локальный поправочный коэффициент	12 000-30 000
ТЕОМ FDMS*	Требуется локальный поправочный коэффициент	21 000-39 000
Дихотомическая конфигурация Partisol Plus	Гравиметрия	23 500

* ТЕОМ FDMS (система измерения динамики фильтров на базе ТЕОМ) собирает большую часть летучих веществ, чем ТЕОМ.

Стоимость модификации каждого прибора для РМ2,5 аналогична стоимости прибора для измерения РМ10. Кроме того, также понадобится следующее оборудование:

- Расходомер (приблизительная стоимость 500-2000 евро)
- Запасные части.

Более того, также понадобится оборудование, инфраструктура и программное обеспечение для передачи, обработки и хранения данных. Потребуется по крайней мере один автомобиль для транспортировки оборудования и обслуживания приборов для мониторинга в ходе регламентных проверок станций.

Приобретение оборудования и материалов для лабораторных работ

Основные расходы связаны с приобретением оборудования для взвешивания фильтров и для химических анализов.

Таблица 8. Лабораторное оборудование, необходимое для анализа фильтров РМ.

Оборудование и приборы	Приблизительная стоимость в евро
Кондиционирование воздуха (регулирование температуры и влажности) в комнате для взвешивания	22 000-25 000
Весы повышенной чувствительности	13 000
Консоль для весов	800

Для анализа химического состава подходит обычное лабораторное оборудование.

Возможные расходы на установку станции для мониторинга

К возможным расходам могут относиться:

- приобретение площадок для размещения контейнеров со станциями мониторинга;
- стоимость подключения электричества и телефонной связи.

Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные расходы зависят от количества точек мониторинга. К эксплуатационным расходам относятся:

- Электроэнергия
- Передача данных
- Арендная плата за территорию под контейнер
- Топливо для автомашин для проведения регламентных проверок контейнеров
- При необходимости, страхование контейнера и оборудования
- Материал фильтров:
 - фильтр из стекловолокна, диаметр 150 мм, 100 шт. около 230 евро
 - фильтр из кварцевого волокна, диаметр 150 мм, 50 шт. около 285 евро

Калькуляция трудозатрат

В нижеследующей таблице на основании практического опыта приведена процедура регламентных работ, которые необходимы для обеспечения функционирования сети, включая требуемую частоту выполняемых мероприятий. Оценка объема работ дается в расчете на квалифицированного специалиста.

Таблица 10. Объем регламентных работ по эксплуатации и техническому обслуживанию сети

Регламентные работы	Вид работы	Объем работы
Подготовка к гравиметрическим измерениям	Подготовка и кондиционирование фильтров	10 часов в месяц для одной точки
Регламентные проверки	Проверка автоматического заменителя фильтров или прибора для непрерывного мониторинга	1,5 часа раз в 2 недели (не считая времени в пути до контейнеров и обратно)
Техобслуживание		15 часов раз в год
Калибровка		5 часов два раза в год
Документация		60 часов в год
Отчетность/информация	Первичный контроль/исправление данных	Несколько часов в неделю
Анализ и представление данных	Подготовка информационных справок и сводных отчетов	Один день в месяц для ежемесячного отчета, несколько недель для ежегодного отчета
Обучение	Регулярно, со снижением интенсивности по мере роста опыта	2 дня в год на каждый вид оборудования
Пересмотр сети (размещение, структура, состав, типы оборудования, регламенты и т.д.)	В начале по мере необходимости, затем – каждый пятый год либо в соответствии с изменениями в правилах и требованиях	

Приложение А: Методы мониторинга РМ

Во всех приборах атмосферный воздух забирается через специальной конструкции входное устройство (воздухозаборник), пропускающий только фракцию РМ10. Изменив воздухозаборник, вместо РМ10 можно осуществлять измерения РМ2,5. Для оценки массовой концентрации (мкг/м^3) необходимо регулирование потока воздуха (объем в секунду) при определенной температуре и давлении атмосферного воздуха.

Ручной отбор проб и гравиметрия

- Атмосферный воздух забирается через фильтр с постоянной скоростью потока. Частицы собираются на фильтре. Масса частиц определяется путем взвешивания.
- Фильтры взвешиваются до и после отбора проб; разница в массе и является массой частиц. В обоих случаях перед каждым взвешиванием фильтры должны быть уравновешены в комнате для взвешивания с кондиционированием воздуха.
- Период отбора проб обычно составляет 24 часа. Период отбора проб и скорость потока позволяют рассчитывать объем каждой пробы. Объем рассчитывается путем умножения скорости потока на период отбора проб.
- Манипуляции с каждым фильтром перед началом и после окончания каждой пробы должны осуществляться вручную.

Автоматический заменитель фильтров

Единственное, но весьма существенное отличие от ручного отбора проб и гравиметрии заключается в том, что данное устройство имеет обойму для хранения до 16 фильтров и механизм для автоматической замены фильтров каждые 24 часа, благодаря чему оператору не приходится приезжать на станцию мониторинга каждый день.

β -затухание

После прохождения входного устройства (воздухозаборника) и короткой вертикальной трубы воздух проходит через фильтрующую полосу, которая собирает частицы. Масса частиц, собранных на фильтре, определяется путем измерения "посекундно" изменения в поглощении β -излучения в период отбора проб. В другом типе оборудования фильтр с увеличивающейся массой периодически сдвигается за пределы потока воздуха для измерения β -затухания. Эти сигналы измерений преобразуются в эквивалентные данные о массе РМ10. С возрастанием времени отбора проб масса, накапливающаяся на фильтре, будет увеличиваться. Поскольку скорость потока в период отбора проб постоянна, можно также рассчитать и концентрацию на единицу массы.

Вибрационные микровесы с коническим элементом (ТЕОМ)

После прохождения через входное устройство (воздухозаборника) определенная часть пробы воздуха втягивается в трубу и частицы собираются на фильтре. Рост массы изменяет частоту вибрации фильтра и, таким образом, изменения частоты вибрации показывают степень увеличения массы, и их можно выразить в

эквивалентности массы. Поскольку в течение периода отбора проб скорость потока постоянна, можно также рассчитать и концентрацию на единицу массы.

Дихотомический (последовательный) пробоотборник воздуха

В дихотомическом последовательном пробоотборнике, в котором используется входное устройство для РМ10, частицы в потоке воздуха разделяются на мелкие (РМ2,5) и грубые (частицы с аэродинамическим диаметром между 2,5 и 10 мкм) фракции с использованием виртуального импактора (инерционного сепаратора) частиц (конструкция Управления охраны окружающей среды США) для дополнительной точки отсечки 2,5 мкм. Система одновременно осуществляет сбор взвешенного вещества на двух фильтрах. Масса частиц определяется путем взвешивания.

В автоматическом варианте пробоотборник содержит две обоймы, каждая вместимостью до 16 кассет фильтров, а также механизм замены фильтров, который позволяет производить замену двух фильтров одновременно.

Приложение В. Вычисление локального поправочного коэффициента для PM10

Ниже описывается легко применимый на практике способ соотнесения данных, полученных от приборов для непрерывного автоматического мониторинга, с результатами гравиметрических эквивалентных методов. Некоторые основные условия для проведения этого сличения приводятся в документе ЕС "Демонстрация эквивалентности методов мониторинга атмосферного воздуха"

http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/equivalence_report2.pdf.

Ниже кратко излагаются и адаптируются к потребностям рамочного плана общие методические рекомендации. Замечания, основанные на практическом опыте, выделены курсивом. Данная методика направлена на получение уравнения линейной регрессии:

$$Y=a+b*X,$$

где Y - результат измерений с помощью эталонного метода,

X - результат измерений проверяемым методом (методом-кандидатом),

а коэффициенты a и b – это вычисленные поправочные коэффициенты.

1. Должен проводиться параллельный мониторинг по крайней мере в двух точках в каждой стране или в каждом регионе (в более крупных странах), которые являются максимально репрезентативными для большинства условий, существующих в стране или регионе. Эти условия могут, например, относиться к городской фоновой точке и к точке в промышленном районе или у дороги. *Практика показывает, что различия даже между двумя одинаковыми видами точек достаточно велики, из чего следует, что, при возможности, число точек с параллельным мониторингом должно быть больше двух.*
2. В качестве минимального условия, параллельный мониторинг должен осуществляться в холодное и теплое времена года. Следует также следить за изменчивостью в поправочных коэффициентах/уравнениях, полученных в различных географических точках. Если имеются указания на то, что условия (состав аэрозолей, климатические факторы и т.д.) в разных точках внутри сети значительно различаются, тогда данная страна или регион должны проверить, будет ли один и тот же поправочный коэффициент/уравнение справедлив для всех точек. *На практике это можно сделать, например, путем проведения параллельного мониторинга в нескольких точках и сравнения результатов. Также параллельный мониторинг в большем числе точек необходим в горных районах.*
3. Минимальное число подтвержденных частных значений (пар суточных средних величин) на каждую совокупность данных за лето и зиму должно быть не менее 30 для каждого отдельного места. Представляется целесообразным использовать значительно больше частных значений, чем указанное минимальное число, чтобы покрыть более широкий спектр

климатических условий и условий источников частиц, чем тот спектр, который может наблюдаться в течение одного месяца.

4. Связь между данными, полученными двумя методами, считается действительной, когда коэффициент регрессии $b > 0,8$, коэффициент определения (квадрат коэффициента корреляции) $r^2 \geq 0,8$, а сдвиг (систематическое отклонение) $\leq 5 \text{ мкг/м}^3$. Особо подчеркивается, что соблюдение этих и других критериев не обязательно означает, что наклон регрессии между данными, полученными двумя методами, составляет 1:1. Это означает лишь то, что данные могут быть использованы для определения соотношения между двумя методами. *Практический опыт: величины для r^2 и сдвига являются результатами данных мониторинга во многих точках, которые предоставляются европейскими организациями. Эти результаты не могут быть автоматически перенесены во все страны ВЕКЦА.*
5. Поскольку результаты параллельного мониторинга в очень большой степени зависят от технических деталей, включая обогрев прибора для мониторинга или входного устройства для забора воздуха, головку импактора (сепаратора фракций), температуру воздушного потока или входной трубы, калибровку, любую регулировку температуры/давления, - необходимо, чтобы подготавливалась и хранилась полная документация по всем параметрам измерений. Вычисленные поправочный коэффициент или уравнение должны применяться только к одинаково эксплуатируемому оборудованию.
6. Если поправочные коэффициенты/уравнения для двух времен года одинаковы или почти одинаковы, можно применять единый поправочный коэффициент/уравнение для всего года. Это может быть сделано при том условии, что разница между среднесуточными величинами в диапазоне ПДК (50 мкг/м^3), скорректированная при помощи двух сезонных поправочных коэффициентов/уравнений, лежит в пределах $\pm 10\%$, и тогда среднесуточные величины, скорректированные при помощи двух сезонных коэффициентов/уравнений, могут считаться равными и во все времена года может применяться единый коэффициент. Однако можно также выбрать и любой другой коэффициент, если для этого имеется достаточно аргументов.
7. Если необходимо применять сезонные поправочные коэффициенты/уравнения (разница между скорректированными среднесуточными величинами больше $\pm 10\%$), рекомендуется применять интерполяцию с использованием скользящих средних коэффициентов/уравнений, чтобы избежать разрывов во временных рядах при переходе от одного времени года к другому. В качестве альтернативного варианта страна или регион в течение всего года может использовать более жесткий из поправочных коэффициентов/уравнений: так будет легче для эксплуатации сети и управления ею, и легче ошибиться в отчетных данных в сторону перестраховки.
8. Параллельный мониторинг должен охватывать тот диапазон концентраций, который предполагается обнаружить. Как правило, поправочные коэффициенты или уравнения не должны применяться за пределами этого диапазона, за исключением тех случаев, когда существуют достаточные доказательства линейности.

9. Поэтому страны или регионы должны осуществлять проверку на линейность поправочных коэффициентов/уравнений. Если соотношение нелинейно, рекомендуется применять поправочное уравнение, а не поправочный коэффициент.
10. Мониторинг, проводимый в обычном порядке с помощью прибора для непрерывного автоматического измерения, начинается с определения поправочного коэффициента/уравнения, как описано выше. Однако в ходе эксплуатации сети в обычном порядке страна или регион должны периодически проверять, сохраняют ли однажды установленные поправочные коэффициенты/уравнения свою устойчивость в более широких временных масштабах, чем те, которые использовались в первоначальном исследовании.
11. В случае, когда страна предлагает поправочные коэффициенты, применимые в местах, близких к местам мониторинга в соседних странах ВЕКЦА, ей следует связаться с этой соседней страной ВЕКЦА и постараться обеспечить, насколько это практически выполнимо и необходимо, непротиворечивость поправочных коэффициентов в этих двух районах.
12. Необходимо иметь полную и точную документацию для обоих видов используемого оборудования (то есть полный номер модели/серийный номер, дату выпуска, температуру воздухозаборника, и т.д.), а также полное описание мест ведения мониторинга, периодов времени и другую информацию, имеющую отношение к мониторингу.
13. Все собранные необработанные данные должны храниться в течение достаточно длительного времени в соответствии с принципами обеспечения высокого качества данных.

Описанную выше процедуру следует рассматривать как потенциально временную стратегию до появления более совершенных приборов, которые осуществляют отбор проб такой фракции аэрозолей в атмосферном воздухе, которая аналогична фракции, пробы которой отбираются гравиметрическим стандартным методом.

Поправочный коэффициент по умолчанию

После исследования, проведенного в странах ЕС, было признано, что в сводных результатах, полученных из разных европейских стран, существует большой разброс. Поэтому предписывать какой-то один поправочный коэффициент по умолчанию как среднее или медианное значение этих данных значило бы рисковать занижением концентраций PM₁₀. В этих условиях было бы правильнее выбрать коэффициент поближе к крайней точке распределения средних коэффициентов за данный период. Включить этот уровень безопасности было важно потому, что поправочный коэффициент, принятый по умолчанию, будет применяться в стране до тех пор, пока там не будут проведены собственные сравнения между результатами измерений. Был сделан вывод о том, что поправочный коэффициент 1,3 может применяться к данным мониторинга,

полученным от обоих приборов для непрерывного автоматического измерения, указанных в таблице 1.

Было решено, что этот один коэффициент может применяться как к средним за сутки, так и к средним за год показателям. В то же время было особо подчеркнуто, что, выбирая этот коэффициент, страна принимает и признает ту неопределенность, которая вызвана ограниченностью набора данных и диапазона мест размещения и времен года, по которым принятый по умолчанию коэффициент был установлен.