

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ДЛЯ  
ЕВРОПЫ  
КОНВЕНЦИЯ О ШИРОКОМАСШТАБНОМ ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ  
ВОЗДУХА**

Международная совместная программа по оценке и мониторингу  
влияния загрязнения воздуха на леса

# **РУКОВОДСТВО**

ПО

методам и критериям согласованного отбора проб, оценки,  
мониторинга и анализа влияния загрязнения воздуха на леса

## **Часть X**

# **Мониторинг качества воздуха**



## СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение .....	3
2	Оценка качества окружающего воздуха .....	4
2.1	Методы .....	4
2.2	Протокол мониторинга.....	5
2.2.1	Выбор метода .....	5
2.2.2	Оборудование.....	5
2.2.3	Период измерения.....	5
2.2.4	Выбор места.....	5
2.2.5	Процедура анализа.....	6
3	Валидация .....	6
4	Гарантия качества .....	7
5	Обработка данных и отчеты.....	8
5.1	Проверка данных.....	8
5.2	Представление отчетов с данными.....	8

## Приложения

Приложение I	Документ CEN
Приложение II	Обоснование: Является ли озон проблемой?
Приложение III	Формы для представления данных (отчетов).
Приложение IV	Подруководство по визуальной оценке повреждений.

*Разработано:*

Комиссией экспертов по измерению выпадений и ее  
рабочей группой по контролю качества окружающего воздуха  
Gun Lövblad, G. Krause



## 1 Введение

Существуют две причины, по которым следует проводить оценку качества воздуха на участках интенсивного мониторинга. Во-первых, загрязнители воздуха могут напрямую оказывать отрицательное влияние на деревья и лесные экосистемы, и, во-вторых, зная концентрацию загрязнителей в атмосфере легче оценить размеры сухих выпадений на лесных участках.

Измерения выпадений загрязнителей воздуха на деревьях в лесу по программе интенсивного мониторинга являются обязательными. По всей Европе расположено много участков, на которых измеряются жидкие выпадения и выпадения, прошедшие сквозь крону. Однако, измерения прошедших сквозь крону выпадений не дают достаточной информации для достоверной оценки сухого осаждения соединений азота, и поэтому, необходимо проводить дополнительные процедуры моделирования. Среди загрязнителей воздуха для этой цели подходят диоксид азота, аммиак и другие газообразные и твердые разновидности соединений азота.

Такие загрязнители воздуха, как озон, диоксид азота и диоксид серы, интересны с точки зрения их прямого воздействия на растительность. Наиболее интересным из них является озон по причине своей фитотоксичности в повышенных концентрациях, и широкого распространения в Европе, особенно в Средиземноморье.

Для лучшего понимания влияния загрязнения воздуха на леса и лесные экосистемы, кроме оценки выпадений, необходимо собирать информацию о качестве окружающего воздуха в лесах. Цели измерений, рекомендованных на участках интенсивного мониторинга в рамках программы ICP Forests:

- собирать информацию о качестве окружающего воздуха в лесных экосистемах
- получить знания о временном и пространственном распределении газообразных поллютантов
- оценить риск прямого воздействия на лесные экосистемы

В настоящее время, на некоторых лесных участках измеряют только озон. Измерения проводят, используя активные дозиметры возле поверхности земли или на метеорологических вышках на уровне полога леса. Рекомендуется приступать к этим продолжающимся измерениям. Однако, в большинстве лесных участков, активный мониторинг загрязнителей воздуха не осуществим, поэтому необходимо проводить другие типы измерений.

Чтобы расширить информацию о прямом воздействии загрязнения воздуха на деревья в лесу, следует оценить степень видимых и невидимых повреждений всех растений (в т.ч. и деревьев) в лесу, следует:

- определить степень повреждения деревьев в лесу и чувствительных видов наземных растений как прямой реакции на загрязнение воздуха
- подтвердить взаимосвязи между концентрацией определенных газообразных загрязнителей и повреждением листвы

В настоящее время осуществление визуальных оценок не является убедительным, и в начальной стадии рекомендуется проводить ограниченное изучение; это отражено во временном подруководстве, приведенном в Приложении IV, и будет пересмотрено в ходе рабочего совещания по калибровке посвященном мониторингу повреждения листвы летом /осенью 2000.

## 2 Оценка качества окружающего воздуха

### 2.1 Методы

Для получения знаний о распространении воздушного загрязнения на определенных участках, следует собирать данные о качестве окружающего воздуха. Методы сбора данных:

- моделирование, включая интерполяцию данных мониторинга со сходных участков
- мониторинг качества воздуха в режиме реального времени и другие активные методы мониторинга
- пассивные формы отбора проб

Качество окружающего воздуха в местообитании можно оценить с помощью моделирования или интерполяции данных мониторинга со сходных участков. Однако, на большинстве территорий, отсутствуют репрезентативные локальные станции мониторинга, которые должны обеспечивать необходимыми данными. По этой причине и не хватает достаточного количества информации для использования большинства подходов моделирования.

Мониторинг качества воздуха в режиме реального времени, благодаря своему высокому временному разрешению, обеспечит наиболее детальной информацией. Однако, такие измерения дороги, и, из-за жестких требований инфраструктуры, поэтому очень мало участков, на которых проводится активный мониторинг. В Разделе 1, в котором упоминаются такие измерения, рекомендуется их продолжать.

Доказано, что метод пассивного отбора проб для таких соединений как озон, диоксид серы, диоксид азота и аммиак является подходящим методом для большинства территорий. Особенно это относится к отдаленным местообитаниям, где доступность энергетических ресурсов часто бывает ограничена, а этим методом можно достаточно дешево и точно определить концентрации в окружающем воздухе. Недостатком мониторинга методом пассивного отбора проб является низкое временное разрешение (от одной недели до одного месяца, большей частью зависящее от величины концентраций в воздухе).

Для утверждения результаты, полученные при использовании метода пассивного отбора проб, необходимо связать с мониторингом качества окружающего воздуха на ограниченном количестве участков со схожим режимом загрязнения. Это может быть достигнуто, при использовании комбинации высокого временного разрешения (как например участков ЕМЕР) и пассивных сэмплеров с низким временным разрешением.

## 2.2 Протокол Мониторинга

### 2.2.1 Выбор метода

Выбор метода зависит от необходимости в высоком временном разрешении, частоты посещений мест проведения мониторинга и доступных ресурсов. Метод пассивного отбора проб рекомендован как главный метод программы ICP Forests на участках, на которых в настоящее время не измеряют содержание озона с помощью активных сэмплеров.

### 2.2.2 Оборудование

Каждая страна может сама выбирать тип оборудования для пассивного сбора проб. Однако, необходимо указывать насколько сэмплеры и процедура сбора проб согласуется с измерениями, выполненными рекомендуемым методом. Рекомендуется использовать сэмплеры на выбранных участках на протяжении вегетационного периода параллельно с рекомендуемым методом EU Daughter Directive (COM 1999, 125), УФ-спектроскопией и/или с приборами на участках ЕМЕР, согласно Руководству ЕМЕР (Отчет ЕМЕР/ССС/ 1/15, NILU, Норвегия).

Более подробную информацию относительно оборудования смотрите в Приложении 1.

### 2.2.3 Период измерения

Отбор проб предпочтительно проводить каждые 2 недели. На отдаленных участках период измерения при необходимости может быть продлен до четырех недель, а на чрезвычайно загрязненных участках, его можно сократить до одной недели. Измерения озона следует ограничить только периодом, когда листопадные виды имеют листву. Но измерения других загрязнителей воздуха следует продолжать все остальное время в течение года.

### 2.2.4 Выбор места

#### *Выбор участков для проведения измерений*

К мониторингу качества окружающего воздуха должен быть особый подход, его рекомендуется проводить на участках, по которым можно получить метеоданные и данные по выпадениям. Следует выбирать участки с различными экспозициями поллютантов, т.е. участки с высокой экспозицией в дополнение к нескольким фоновым станциям.

#### *Выбор места на участке*

Концентрации загрязненного воздуха следует измерять вблизи, но в то же время вне леса, в месте, репрезентативном для данного участка. Мониторинг можно проводить в открытом поле, желательно в тех же местах, где устанавливаются сэмплеры для сбора влажных выпадений и метеорологическое оборудование. Кроме того, в тех местах, где проводятся или могли бы проводиться продолжающиеся измерения на уровне лесного полога, рекомендуется продолжать или начинать такие измерения.

### *Количество смплеров*

Для гарантии качества рекомендуется изначально устанавливать двойные смплеры на каждом участке для оценки качества окружающего воздуха.

### *Высота отбора проб*

Смплеры следует размещать на высоте между 2 и 4 м над землей. Высоты расположения смплеров и установки приборов активного мониторинга должны совпадать с высотами, предложенными в рекомендациях CEN-документа (Приложение I).

## **2.2.5 Процедура анализа**

Процедура анализа непосредственно связана с подготовкой трубки смплера. Как упоминается в Разделе 2.2.2, каждая страна сама выбирает альтернативный метод, который удовлетворяет требованиям качества. Более подробная информация о процедуре анализа приводится в Приложении 1.

Рекомендуется анализ всех смплеров, или, по крайней мере всех смплеров, измеряющих одну и ту же переменную, проводить в одной лаборатории в стране. В лаборатории должны использовать обработку образцов и процедуры анализа, соответствующие национальному и/или Европейским стандартам.

В ряде случаев в лабораторию отправляют чистые, не экспонированные на воздухе, смплеры, которые также анализируют, а данные затем используют как образец для проверки качества.

## **3 Валидация**

Смплеры для пассивного отбора проб обеспечат данными по накопленным экспозициям в течение двухнедельного периода, затем по этим данным вычисляют среднее значение за этот период. То же применимо к 4-х недельному периоду. Однако для дальнейшего анализа влияния озона в Европе используется индекс АОТ40, и т.о. необходимо установить связь между результатами пассивного отбора проб и фактических временных изменений концентраций озона. АОТ40 можно оценить, используя данные соседнего участка, с примерно таким же уровнем загрязнения, который оборудован приборами активного мониторинга. Активный мониторинг необходимо проводить с параллельным пассивным отбором проб, чтобы получить необходимые связи между длительными экспозициями (от 14 дней до 1 месяца) и индексами экспозиции, которые приведены в Таблице 1.

Таблица 1 Результаты пассивного отбора проб на лесных участках, связанные с измерениями, проведенными на соседних участках со сходным режимом загрязнения, на которых проводились параллельно и активный и пассивный отбор проб. Индекс экспозиции на участке, на котором пробы отбирались пассивным методом, затем оценивался по этой связи

Индекс	Пассивный мониторинг на участке	Активный мониторинг на соседнем участке	Связь пассивного мониторинга на участке, на котором проводился активный мониторинг
Средний за час	-	Измерялся	-
Средний за сутки	-	Рассчитывали по данным мониторинга	-
Средний за 2 недели*	Измерялся	Рассчитывали по данным мониторинга	Измерялся
Средний за месяц	Измерялся или рассчитывали по 2-х недельному	Рассчитывали по данным мониторинга	Измерялся или рассчитывали по 2-х недельному
Вегетационный период	Рассчитывали по данным мониторинга	Рассчитывали по данным мониторинга	Рассчитывали по данным мониторинга
АОТ40	Оценивали по связи	Рассчитывали по данным мониторинга	АОТ40, связанный с данными по активному мониторингу

\* должны соответствовать отбору проб/отчету с данными по выпадениям на участках интенсивного мониторинга.

#### 4 Гарантия качества

Каждая страна сама выбирает подходящее оборудование и процедуру мониторинга, которые соответствуют руководству, приведенному в Приложении 1. Поскольку для дальнейшего использования данных в проекте ICP Forests важна сравнимость результатов, также как и во всех других национальных и Европейских сетях, необходимо применить точную систему гарантии качества. Если результаты мониторинга будут сравнимы с данными, полученными внутри других сетей мониторинга на национальном и международном масштабах, будет собрано больше данных о качестве окружающего воздуха на лесных участках, включая пространственные и временные изменения.

Постоянные сравнения между различными используемыми сэмплерами и между сэмплерами и справочными методами необходимы для того, чтобы определить существуют ли значимые отличия в эффективности различных процедур отбора проб.

Процедуру пассивного отбора проб проводят каждые 2 недели или каждый месяц. Каждый шаг в процедуре следует описывать в национальной программе гарантии качества, подготовку трубки сэмплера, отбор проб и эксплуатацию в поле, транспортировку образцов к лаборатории, их обработку в лаборатории, анализ образцов и окончательную обработку данных, хранение данных и их предоставление национальным координационным центрам и центральному банку данных. Цель гарантии качества – по возможности избежать загрязнения и ошибок мониторинга. Важный шаг в программе - документировать все действия и случаи на протяжении отбора проб, обработки образцов и их анализа.

Чистые сэмплеры, не подвергнутые воздействию воздуха, следует отправлять операторам, а затем анализировать, как образцы для проверки качества.

Правдоподобие результатов, которые представляют национальному координационному центру, должно быть проверено путем сравнения данных с нормальным рядом концентраций, измеряемых в том же регионе.

Для гарантии согласованности данных, в том случае, если участки, на которых проводят мониторинг, или процедуры изменены, рекомендуется проводить параллельные измерения на протяжении некоторого периода на обоих участках.

## 5 Обработка данных и отчеты

### 5.1 Проверка данных

Необходимо проверять данные относительно их качества:

- необходимо проверить правдоподобие результатов, относительно ряда данных, которые имеются в наличии, и варьирования данных; как следующий шаг в утверждении результатов, рекомендуется сравнивать данные по качеству окружающего воздуха с другими результатами, полученными на национальном уровне.
- необходимо сравнивать результаты двойных сэмплеров для пассивного отбора проб
- необходимо проверить результаты, полученные с помощью сэмплеров для пассивного отбора проб, относительно результатов, полученных с помощью сэмплеров активного отбора проб
- необходимо анализировать чистые (неэкспонированные) сэмплеры

### 5.2 Представление отчетов с данными

Все утвержденные данные следует посылать в национальные координационные центры, и ежегодно представлять в центр хранения данных FIMCI. Формы для представления данных приведены в Приложении III.

Отчет с данными должен включать как сами результаты, так и их интерпретацию. Все важные нарушения, любые отсутствующие данные и ошибки, которые отмечены при утверждении, также должны быть документированы.

Отчет с данными должен также включать описание участков, на котором измерялось качество окружающего воздуха. Часть информации уже входит в описание лесного участка мониторинга (долгота, широта, высота над уровнем моря, виды деревьев, и т.д.). Другую информацию нужно документировать по особым соображениям, соответственно местным условиям (экспозиция относительно местных источников эмиссии и местное землепользование, расположение лесных опушек и т.д.). Следует также документировать и указывать в отчете высоту измерения над землей.

Отдельный документ с информацией о процедурах отбора проб и их анализе следует сделать приложением к первому ежегодному отчету.

Для озона необходимо сообщать о взаимосвязи между АОТ40 и средними значениями результатов, полученных с помощью пассивного отбора проб.

При ежегодном представлении данных следует прилагать отчет гарантии качества с описанием всех результатов по этому вопросу.



## **Приложение I**

**Документ CEN Диффузные саплеры CEN/TC 264/WG11 1999-07-02  
(проект CEN 13528 часть 3)**

(по причине соблюдения авторского права документ не приводится в Руководстве. Если необходимо, контактируйте с PCC ICP Forests)



## Приложение II Обоснование: Является ли озон проблемой?

За пределами Северной Америки и Центральной и Северной Европы, исследования сосредоточились, прежде всего, на таких загрязнителях воздуха: фтор, диоксид серы, оксиды азота, аммиак и озон, из-за того, что в настоящее время они являются наиболее существенной проблемой для здоровья леса. Однако в Европе происходят значительные изменения режима загрязнения в результате шагов, которые предпринимаются, для снижения эмиссии некоторых загрязнителей. Важность диоксида серы, как загрязнителя, уменьшается над большей частью континента, включая Средиземноморский район, и влияние этого загрязнителя на растения изучается все меньше и меньше. И наоборот, эмиссии азота возросли и остаются важными, во-первых, из-за потенциальной эвтрофикации экосистем, и, во-вторых из-за того, что оксиды азота являются важнейшими предшественниками при образовании озона.

Среди различных загрязнителей в Европе, на протяжении нескольких лет озон считался одним из наиболее важных поллютантов, особенно в районе Средиземного моря. Так, на сегодняшний день одной из основных проблем экологии является понимание атмосферных процессов, которые контролируют озон тропосферы и бюджет ОН-радикалов. Еще до конца не понят обмен следовых количеств газа в земных экосистемах и их потенциальное влияние на экосистемы. Например, необходимо больше информации о биогенных эмиссиях (например, терпенов и изопрена) из лесов и их потенциальной роли в образовании озона, хотя некоторые большие проекты Европейской Комиссии способствовали лучшему пониманию процесса биогенных эмиссий в Средиземноморском районе и их потенциальной роли в образовании тропосферного озона.

Возможно, в результате фотохимических процессов выпадение азота через атмосферу возрастает в некоторых районах Европы. Так, изменения запаса N могли непосредственно влиять на круговорот углерода, и могут привести к ограничениям в поглощении других макро или микроэлементов питания, особенно фосфора.

Впервые влияние фотохимических оксидантов на растительность наблюдалось более четырех десятилетий тому назад в Лос-Анжелесе в США. С тех пор многие исследования доказали что озон, широко распространенный и повсеместный компонент газообразных загрязнителей, необходимо принимать во внимание, как очень фитотоксическое соединение, вызывающее повреждения листвы сельскохозяйственных и плодовых культур, также как и хвойных и листопадных видов деревьев в США. С начала 1980-ых такие наблюдения начали проводиться и в Европе.

Таким образом, основной проблемой является загрязнение фото окислителями, которое рассматривалось, как одна из причин ухудшения здоровья населения Европы и снижения жизнеспособности экосистем за несколько десятилетий. Главной причиной многих аспектов проблемы фотохимического загрязнения являются антропогенные эмиссии оксидов азота и углеводородов, большей частью от транспортных средств и использования растворителей.

Также важны биогенные источники углеводородов. 4-я Программа общественных акций по Окружающей среде способствовала возможности акции по озону, с точки зрения его вредного влияния. 5-я Программа Действий по Окружающей среде (5EAP),

изданная в 1992, определила задачи по снижению предшественников озона, намечая нулевое превышение уровня, определенного руководящими принципами WHO (ЕС, 1992b), которые были введены в текущей Директиве Совета о Загрязнении Воздуха Озоном в качестве отправного пункта.

Озон измеряется по всей Европе как в сельских местностях (участки ЕМЕР) так и во многих Европейских городах. Результаты по состоянию дел с озоном приводятся в отчетах ЕМЕР, суммируются в публикациях Европейского Агентства по Окружающей среде и также доступны в интернете ([www.nilu.no/projects/ccc/Default.htm](http://www.nilu.no/projects/ccc/Default.htm)).

### **Предшественники озона и его образование.**

Фотохимическое загрязнение происходит вследствие эмиссий оксидов азота ( $\text{NO}_x$ , где  $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ) и летучих органических соединений (ЛОС) и СО в присутствии солнечного света. Озон ( $\text{O}_3$ ), главный фотохимический загрязнитель, может переноситься через национальные границы. Эмиссии  $\text{NO}_x$  очень часто способствуют образованию озона в сельских районах. В более плотно заселенных регионах, вблизи городов, образование озона усиливается эмиссиями летучих органических соединений, которые большей частью выделяются транспортом на дорогах и при использовании продуктов, содержащих органические растворители.  $\text{NO}_x$  и СО в основном выделяются транспортом и в процессе сгорания.

После эмиссии, предшественники рассеиваются ветром и атмосферной турбулентностью. Только что эмитированные загрязнители смешиваются с другими загрязнителями, включая озон, который изначально содержится в воздухе. Происходит комплексный процесс химической реакции и непрерывного разбавления.

В загрязненном пограничном слое озон образуется путем окисления летучих органических соединений в присутствии  $\text{NO}_x$  и солнечного света. Эта цепная реакция инициируется и проходит между реагирующими радикалами. В этом процессе образуются и другие продукты, такие как, например, пероксид ацетил нитрат, азотная кислота, альдегиды, органические кислоты, и многие нестабильные радикалы. Летучие органические соединения служат 'топливом' в процессе образования озона, тогда как функции  $\text{NO}$  скорее, каталитические, так как оксид восстанавливается в процессе образования.  $\text{NO}$  также играет ключевую роль в восстановлении реагирующих радикалов, и в дальнейших процессах реакции.

Высокие концентрации только что эмитированного  $\text{NO}$  связывают  $\text{O}_3$ , приводя к образованию  $\text{NO}_2$ . Ближе к источникам эмиссии, этот процесс можно рассматривать как сточную трубу для озона. Кроме того, высокие концентрации  $\text{NO}_2$  уменьшают начальный этап окисления летучих органических соединений путем образования других продуктов (например, азотной кислоты), которые предотвращают образование  $\text{O}_3$ . Из-за этих реакций, *уменьшение*  $\text{NO}_x$  может привести к *возрастанию*  $\text{O}_3$  при низких соотношениях ЛОС/ $\text{NO}_x$ , как это происходит в городах. В этом, так называемом 'ЛОС-ограниченном режиме', контроль эмиссии органических соединений более эффективен для снижения пиковых значений при локальном загрязнении озоном.

Поскольку воздушные массы перемещаются от городских центров, соотношение ЛОС/ $\text{NO}_x$  изменяется благодаря дальнейшим фотохимическим реакциям,

метеорологическим процессам и свежим эмиссиям. Концентрация NO<sub>x</sub> уменьшается быстрее, чем концентрация летучих органических соединений, и, следовательно соотношение ЛОС/NO<sub>x</sub> увеличивается. При высоких соотношениях ЛОС/NO<sub>x</sub>, которые встречаются в фоновых или отдаленных областях, химия имеет тенденцию к ограниченному содержанию NO<sub>x</sub> и в таких ситуациях снижение NO<sub>x</sub> считается более эффективным для снижения уровня озона.



**Приложение III      Формы для представления отчетов**

**Еще не доступны**



## Приложение IV

### Подруководство по визуальной оценке повреждений.

(разработано под руководством Mrs. M. Sanz)

## Оценка повреждения растительности озоном

### 1 Введение

В Северной Европе повреждения озоном начали вызывать беспокойство уже с начала 80-х. Однако только за последнее десятилетие потенциальное воздействие озона стало проблемой в Южной Европе. Очевидно, повышенные концентрации озона в Европе, могут вызвать ряд отрицательных эффектов на растительность, включая видимое повреждение листьев, снижение роста и продуктивности, и изменение чувствительности к биотическим и абиотическим стрессам. Недавние исследования способствовали лучшему пониманию основных механизмов влияния озона на сельскохозяйственные культуры, и в меньшей степени на деревья и дикорастущие виды растений. Можно сделать вывод, что повышенные концентрации озона не только отрицательно влияют на прирост деревьев (сообщается о снижении до 10%), но также могут привести к нестабильным экологическим состояниям, которые в будущем могут снизить адаптивность к новым стрессам. Так, долгосрочные воздействия на деревья могут ослабить функции лесных экосистем, т.е. их роль в балансе воды и энергии, в защите почв от эрозии, в растительном покрове аридных территорий и т.д. Некоторые наиболее важные воздействия на растительные сообщества могут возникать из-за изменений в видовом и генетическом составе, потере биоразнообразия, особенно, с тех пор, как в Южной Европе появилось много эндемических видов растений.

Загрязнение озоном, в отличие загрязнения фторидами или диоксидами серы, не оставляет элементов в поврежденных тканях, которые можно обнаружить аналитическими методами. Поэтому загрязнение озоном можно определить только по видимым повреждениям хвои и листьев. До сих пор, большинство экспериментов были направлены скорее на объяснение механизмов повреждения, которые наблюдались в экспериментальных исследованиях, чем на объяснение признаков, наблюдаемых в поле. Можно предположить, что озон содержится в концентрациях достаточных для того, чтобы вызвать видимое повреждение листвы у чувствительных деревьев. Однако, в Северной Европе вызванные озоном видимые повреждения большей частью встречаются у чувствительных культурных растений, и лишь изредка на иглах хвойных или листьях широколиственных видов растений. Поэтому, с такой точки зрения, появление видимых повреждений, вызываемых озоном, в настоящее время не достаточно, для того чтобы оценить возможные повреждения озоном в полевых условиях. Однако, с помощью световой и электронной микроскопии, можно обнаружить реакцию на озон. Но для того, чтобы использовать эти методы в широком масштабе для оценки повреждений озоном в полевых условиях, необходимо разрабатывать их дальнейшее совершенствование, особенно для уменьшения стоимости. Один шаг в этом направлении уже сделан: это использование цифровых фотоаппаратов и лучших фотоанализирующих программ.

Даже если визуальное повреждение не включает все возможные формы повреждения деревьев и естественной растительности, оно может быть полезным для обнаружения повреждений озоном у потенциально чувствительных видов растений в

Европе во время полевых наблюдений.

## 2 Цели оценки повреждения растительности

Цель мониторинга визуальных повреждений на участках интенсивного мониторинга в Европе – простой и выполнимый способ обеспечения информацией о распределении и интенсивности повреждений озоном на Европейском уровне. Выбор визуального повреждения основывается на том, что многие виды растений реагируют на уровень загрязнения озоном четко видимыми симптомами повреждения листвы, легко диагностируемыми в полевых условиях. Однако, в особых случаях, как, например, в северных странах, при возможности делают микроскопический анализ.

Цели оценки:

- Так как чувствительность деревьев (по большей части сеянцев) к озону известна, по крайней мере, для наиболее часто встречающихся видов в Европе, результатом наблюдений будет список-шкала чувствительности. Необходимо принимать во внимание то, что другие экологические факторы участка такие, как, например питание, доступность воды, радиация и другие биотические воздействия могут изменить чувствительность к озону.
- Так как видимые симптомы повреждения озоном известны и для хвойных (пятнистость) также как и для лиственных деревьев (некротические пятна различных окрасок), и для этих видов в различных учреждениях Европы имеется сравнительно большая фото-документация полевых наблюдений и контролируемых экспериментов, то результатом наблюдений будет обширная фото документация для европейских видов.
- Создать методику систематической оценки озон-специфических симптомов на хвое и листьях, которые необходимы для проведения полевых наблюдений.
- Объединить фенологические данные и списки видов наземной растительности на участках II уровня, чтобы и эта информация была доступна в течение следующих нескольких месяцев в период оценки ICP-Forests. Такая информация нужна для проведения наблюдений за влиянием озона на участках II уровня на протяжении соответствующих периодов и для создания списка потенциально чувствительных видов растений для каждого участка на основе списка наземной растительности и главных видов деревьев.
- Обеспечить информацией о микроскопических повреждениях и стандартной методике оценки повреждений в северных странах или у главных видов деревьев, явно не чувствительных с точки зрения визуального повреждения, а также инструментом утверждения [полученной информации].

## 3 Методика

Многие виды растений реагируют на окружающий уровень загрязнения озоном четко видимыми симптомами на листве. Эти симптомы легко диагностируются в полевых условиях. По крайней мере, на участках, где будет проводиться пассивный отбор образцов озона, рекомендуется оценивать визуальные повреждения озоном у главных

видов деревьев (виды с оцениваемой кроной) и у наземной растительности. Оценку необходимо проводить ежегодно, и, если возможно, на всех участках интенсивного мониторинга.

### 3.1 Выбор видов и растений

#### *Выбор видов:*

Методика включает выбор видов, для которых оцениваются симптомы повреждений на каждом участке интенсивного мониторинга. Оценка симптомов повреждений озоном должна включать:

- Главные виды деревьев на участке, - те которые выбираются для оценки крон и у которых отбирают пробы листы для анализа. Один и тот же код может использоваться как для идентификации видов, так и для оценки состояния крон, чтобы различать виды в полевом бланке.
- Три вида, чувствительных к озону, из списка наземной растительности участка интенсивного мониторинга. Руководствуйтесь предварительным списком чувствительности, основанном на литературных данных, и приведенном в данном руководстве, чтобы проверить, является ли данный вид чувствительным. Рекомендуется оценивать виды, которые достаточно широко распространены (обилие-доминирование превышает 2), чтобы не внести ошибку при оценке наземной растительности.

#### *Выбор растений:*

**Главные виды деревьев:** для главных видов деревьев (для которых оценивается состояние кроны), необходимо оценивать 5 или больше (в зависимости от страны) деревьев того же вида в буферной зоне, у которых отбираются пробы листы. Пробы отбирают ежегодно в верхней открытой части кроны (отбор проб для оценки повреждения озоном следует проводить одновременно с отбором проб листы, который проводится раз в два года). Для более конкретной информации смотрите руководство по отбору проб листы. Методика оценки для хвойных и лиственных пород отличаются (смотрите следующие разделы).

**Виды наземной растительности:** отдельные растения одного вида (количество еще следует определить) следует отбирать в буферной зоне (по возможности, на открытом освещенном месте). Эти растения следует оценивать по методике для широколиственных древесных видов, которая описывается в соответствующих разделах.

### 3.2 Период оценки

Идентификацию повреждений озоном и определение их количества на участках интенсивного мониторинга следует проводить в течение периодов, рекомендуемых для анализа листы:

- для главных хвойных древесных видов (смотрите руководство по анализу листы)
- для главных лиственных древесных видов (вместе с видами наземной растительности) (смотрите руководство по анализу листы)

Оценку следует проводить, начиная с 2001; после этого периода, частота отбора проб будет пересмотрена на основании полученных результатов.

### 3.3 Сбор образцов, их консервация и хранение / Сбор изображений

Визуальное повреждение.

Для подтверждения симптомов повреждения озоном, наблюдаемых в поле командами наблюдателей, необходимы коллекция фотографий и эталонные образцы листьев.

*Эталонный образец листа:* В период оценки для каждого из оцениваемых видов необходимо собрать эталонные образцы (4 листа одного вида, два поврежденные и два не поврежденные). Затем эталонные образцы помещают в гербарии и отсылают почтой в центры для подтверждения повреждения озоном.

*Образцы фотографий:* На протяжении оценки следует сделать слайды двух здоровых и двух поврежденных (с низкой и высокой степенью) листьев каждого вида, с верхней и с нижней сторон листьев. Фотографировать следует со вспышкой, все листья фотографируют на одной слайдовой пленке.

Скрытые эффекты.

Хвоинки для микроскопической морфометрии будут отбираться каждые два года (или через год, в зависимости от решения) с одних и тех же 5 деревьев и веток, которые используются как для оценки визуального повреждения, так и анализа листы. Лица, отбирающие образцы хвои получают пробирки, содержащие соответствующий фиксирующий раствор, и инструкции по сбору из аналитических лабораторий Финляндии. Хвою разного возраста - 10 хвоинок текущего года (С), 10- второго года (С+1) и 10- третьего года (С+2) года, и следует собирать на наиболее освещенной стороне ветви. Пробирки следует отправлять специальной воздушной почтой (например, DHL) в Финляндию для дальнейших процедур.

### 3.4 Оборудование и расходные материалы

Минимальное оборудование для полевой оценки визуального повреждения озоном:

- 10х ручная линза для близкого осмотра листьев растения для обнаружения повреждения озоном
- квадратная рамка 20х20 см, разделенная на 100 подквадратов для оценки листовых видов
- Справочные фотографии, чтобы помочь в идентификации симптомов известных чувствительных видов
- Небольшая гербарная сетка, чтобы сохранить поврежденные озоном листья, до пересылки их для подтверждения симптомов
- Фотоаппарат и слайдовая пленка для съемок
- Бумажные пакеты, для сбора, если это возможно, семян симптоматических растений, чтобы отослать почтой в центры подтверждения для создания банка семян
- Бланки для полевых данных (определить)

Минимальное оборудование для отбора проб хвои и листвы для микроскопической оценки:

- Холодные боксы (приблизительно +7°C)
- Пробирки с фиксатором (в начальной фазе исследований посылаются FFRI в Финляндии)
- Бланки для полевых данных (определить)
- Пинцеты
- Пластиковые перчатки

### 3.5 Калибровка и стандартизация

В сентябре 2000 года на совещании по интеркалибрации состоялась тренировка полевых команд, их обучали выбору подучастков, видов и идентификации симптомов, определению количества поврежденных листьев с этими симптомами и отбору проб для микроскопического анализа.

Было предложено три центра в качестве специальных лабораторий по определению повреждения озоном: FI, SW и SP, туда будут приходить фотографии, образцы для микроскопического анализа и будут подтверждаться симптомы.

## 4 Идентификация симптомов и учет

Отмечая симптомы повреждения озоном на листве необходимо следовать следующим рекомендациям:

### 4.1 Идентификация и учет симптомов у листовенных видов.

- Повреждения озоном следует искать на распустившихся листьях, полностью освещенных солнцем. Листья среднего возраста и более старые повреждаются сильнее; молодые листья будут иметь небольшие повреждения или вовсе не будут повреждены.
- Повреждение озоном обычно не заметно на нижней стороне листа. Чаще всего симптомы появляются на верхней поверхности листа, на начальных стадиях повреждение проявляется в виде очень маленьких багрово-красных или желтых плохо разделенных, в последствие черных пятен (зернистость) между главными жилками.
- Ближе к концу вегетации зернистость может быть связана с пожелтением листа или преждевременным старением.
- Повреждения сначала появляются на старых листьях.
- Затененные листья (т.е., если два листа частично перекрываются) не имеют видимых повреждений.

## 4.2 Идентификация и учет симптомов у хвойных видов.

- Хлоротическая пятнистость хвои является наиболее распространенным признаком хронического воздействия озона на хвойные породы. Эта пятнистость выглядит, как рассеянные желтые участки без четких границ между зелеными и желтыми зонами. Не все хвоинки в пучке одинаково подвергаются воздействию озона.
- Хлоротическая пятнистость часто появляется только на хвое старших возрастов (второго года и старше).
- Пятнистость сильнее выражена на освещенных частях хвои, чем на затененных.
- Пятнистость легче наблюдать, если несколько хвоинок размещены вплотную друг к другу.
- В случаях особо сильного воздействия озона возможен некроз кончиков хвои, а также сильной хлоротической пятнистости. Сухой кончик хвои может быть потерян и тогда повреждение озоном выглядит как повреждение насекомыми.

## 5 Оценка

Для хвойных и широколиственных видов деревьев оценка должна быть разной. Предлагается следующий порядок оценки:

### 5.1 Хвойные деревья и кустарники

В соответствии с методикой отбора проб листьев, с каждого дерева следует срезать несколько ветвей (как можно меньшего размера, но имеющих, по крайней мере, хвою первого и второго года) с освещенной части верхней трети кроны. Собранную хвою разного возраста (по крайней мере, хвою первого и второго года) идентифицируют и рассматривают при полном солнечном свете, отмечая хлоротическую пятнистость для каждого возраста хвои по предлагаемой шкале. Особое внимание следует уделять хвое второго года.

Предлагаемая шкала для учета пятнистости на каждой веточке для хвои каждого возраста:

Код	Характер повреждения
0	Хлоротические пятна отсутствуют
1	Хлоротических пятен мало
2	Встречаемость хлоротических пятен средняя
3	Встречаемость хлоротических пятен очень высокая

Определения:

- 0 Нет повреждения.
- 1 Повреждено менее 25 % хвои (как среднее для всей хвои в мутовке)
- 2 Повреждено 25%- 75 % хвои.
- 3 Повреждено более 75 % хвои.

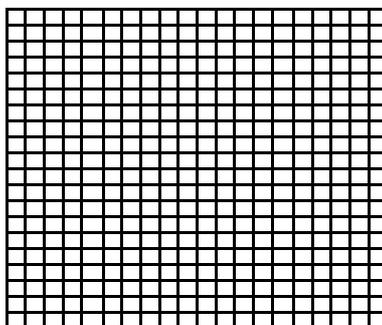
Для оценок в полевых условиях, на компьютере генерируют цветную желто-зеленую шкалу, имитирующую повреждения хвои озоном.

Конечное значение повреждения для отдельного дерева на участке будет средней величиной для хвои каждого года, а для участка - средней величиной повреждений всех деревьев. Конечное значение повреждения должно быть представлено для хвои каждого возраста; так, вид будет иметь одно значение для хвои 1-го года, другое для 2-го года, т.д.

## 5.2 Лиственные виды деревьев, кусты и травы.

В соответствии с методикой отбора проб листвы, следует обрезать четыре ветви (как можно меньшего размера) с каждого дерева с освещенной части верхней трети кроны. У собранных листьев необходимо рассматривать при полном солнечном освещении симптомы, похожие на повреждение озоном.

Для оценки используют квадрат 20 x 20 см (жесткую рамку, разделенную на 100 подквадратов), показанный на рисунке:



Повреждения выражаются количеством квадратов с симптомами, похожими на повреждение озоном, на верхней стороне листа. Поскольку имеется 100 квадратов, величину повреждения можно выражать в процентах. Рамкой накрывают ветвь, при этом, стараясь не сдвигать и не удалять ни один лист. Начальное значение повреждения превращают в конечное с помощью следующей шкалы:

- |   |  |
|---|--|
| 0 | 0 квадратов. Нет повреждения.  |
| 1 | [0-25] квадратов с повреждениями. Низкая степень повреждения озоном. |
| 2 | [25-75] квадратов с повреждениями. Средняя степень повреждения.      |
| 3 | [75-100] квадратов с повреждениями. Сильное повреждение.             |

Оценивать следует с помощью четырех рамок на одно дерево (одной рамки на небольшой кустарник или траву). Конечное значение повреждения для дерева на участке должно быть средней величиной всех рамок, а для участка - средней величиной значений повреждений всех деревьев этого вида на участке.

## 5.3 Идентификация и учет симптомов на микроскопическом уровне

- Мезофилльную ткань каждого образца хвои и листьев следует сфотографировать в цифровую формате. На фотографиях темные хлоропласты будут меньшего размера (% клеток, поврежденных ОЗ), определяются с помощью метода подсчета точек.

- На клеточном уровне (уровень электронного микроскопа) средний размер хлоропластов будет измерен с помощью метода подсчета точек. Интенсивность изменений может быть классифицирована, как нормальная, немного поврежденная (электронноплотный слой) и сильно поврежденные (электронноплотный и гранулированный слой).

## **6 Гарантия качества**

Настоятельно рекомендуется составить стандартное руководство по повреждениям озоном хвойных и лиственных пород. Оно должно включать отдельные листы для каждого вида растений с изображением симптомов повреждения озоном (включая микроскопические и видимые повреждения) и другими факторами, вызывающими похожие повреждения, а также фенологическую информацию (смотрите пример сосны алеппской).

Указанные центры будут собирать фотографии, эталоны повреждений (семена, если возможно) и микроскопические образцы для анализа, тренировать полевые команды, проверять эталонные образцы и проводить интеркалибрационные курсы.

### **6.1 Тренировка**

Будет проводиться тренировка полевых команд, проверяться их умение собирать данные в соответствии с методиками, а также способность узнавать повреждения озоном и отличать их от похожих симптомов. Тренировки следует согласовывать с методикой анализа листвы.

### **6.2. Эталонные образцы / фотографии**

По описанным выше методикам полевые команды собирают эталонные листья и делают фотографии (слайды) верхней и нижней поверхности хвоинок и листьев на участках. Эталонные образцы и слайды следует как можно скорее отправить почтой для подтверждения в региональный центр.

Раз в год комитет экспертов по озону из национальных центров случайным образом отбирает часть слайдов и эталонных образцов для подтверждения того, что повреждения вызваны действием озона.

## **7 Обработка данных и представление отчетов**

### **7.1 Данные по видимым и невидимым повреждениям**

Конечной целью предложенных обследований является карта Европы, отражающая распределение видимых повреждений озоном и микроскопических симптомов на видах деревьев, произрастающих в Европе. Кроме того, будет получен список видов, произрастающих под пологом леса, и чувствительных к загрязнению озоном.