



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.  
GENERAL

EB.AIR/WG.1/2000/5  
6 June 2000

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ПО КОНВЕНЦИИ О  
ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА  
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Рабочая группа по воздействию  
(Девятнадцатая сессия, Женева, 23-25 августа 2000 года)  
Пункт 4 а) предварительной повестки дня

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ В ЕВРОПЕ

Краткий доклад, подготовленный Координационным центром  
Международной совместной программы по оценке и  
мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса

I. ВВЕДЕНИЕ

1. Проблема ухудшения состояния кроны деревьев в лесу стала предметом повышенного внимания еще в начале 80-х годов. В качестве реакции на растущую озабоченность в связи с тем, что причиной такого ухудшения может являться загрязнение воздуха, в 1985 году в рамках Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении

Документы, подготовленные под руководством или по просьбе Исполнительного органа по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и предназначенные для ОБЩЕГО распространения, следует рассматривать в качестве предварительных до их УТВЕРЖДЕНИЯ Исполнительным органом.

воздуха на большие расстояния была создана Международная совместная программа по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса (МСП по лесам). С тех пор под руководством ЕЭК ООН и Европейской комиссии (ЕК) осуществлялся мониторинг состояния и развития лесных ресурсов. В текущем году был завершен внутренний обзор осуществления МСП по лесам. Один из важных выводов этого обзора нашел свое отражение, в частности, в пересмотренных целях программы (документ МСП по лесам, касающийся стратегии на период 2001-2006 годов) и предложенном круге ведения (ЕВ. AIR/WG.1/2000/4, приложение). Для достижения основных целей программы была создана сеть широкомасштабного мониторинга (уровень I), которая в настоящее время охватывает приблизительно 5 700 постоянных участков во всей Европе. Для более тщательного обследования состояния лесов была создана сеть мониторинга уровня II, включающая более 870 участков. Эти участки расположены в лесах, являющихся репрезентативными для наиболее важных лесных экосистем и наиболее распространенных условий произрастания в соответствующей стране. На этих участках ведется наблюдение за большим числом параметров. Некоторые ключевые параметры, используемые на двух уровнях мониторинга, совпадают, что позволит в будущем интерпретировать результаты в укрупненном масштабе, т.е. предоставлять подробную информацию по участкам мониторинга уровня I.

## II. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ АТМОСФЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССА

2. Общая цель программы интенсивного мониторинга состоит в содействии более глубокому пониманию последствий загрязнения воздуха и других факторов, которые могут влиять на лесные экосистемы. Ввиду различий в методах оценки и сочетаемости данных оценки проводились только после серьезных проверок надежности данных. С этой целью сопоставлялись, в частности, результаты проведенного различными лабораториями химического анализа почвы, листвы и атмосферного осадения. Центральное место в процедурах гарантии качества (ГА) и контроля качества (КЧ) занимали данные о химическом составе следующих четырех объектов измерения: общее осадение, осадки, проникающие через полог леса, приствольный сток и почвенный раствор, о которых подробно говорится у Де Вриса и др. [1]. Поскольку процесс подтверждения верности и обработки данных является довольно сложным, в приведенных ниже оценках использовались данные лишь за период до 1997 года.

### A. Атмосферные осадения

3. Атмосферное осадение измерялось ниже лесного полога (осадки, проникающие сквозь полог леса) на 317 участках уровня II. Другая важная информация была получена

путем измерения общего осаднения на 443 открытых участках, прилегающих к древостою. Для получения информации о совокупных осаднениях в лесных массивах данные об осаднениях, проникающих сквозь полог леса, приходится корректировать с учетом воздействия таких факторов, как поглощение или выщелачивание элементов. С этой целью замеры осаднений, проникающих сквозь полог леса, сопоставляются с замерами общего осаднения, а поправки на поглощение осаднений пологом леса рассчитываются на основе моделей.

#### 1. Диапазоны колебаний показателей атмосферного осаднения

4. Как и в предыдущем году показатели поступления азота (N) на приблизительно 55% участков превышали 14 кг/га/год (т.е. составляли более 1000 молей<sub>конц.</sub>/га/год). При таком уровне осаднения видовому разнообразию надпочвенного растительного покрова может угрожать опасность. В масштабах всей Европы доля лесных площадей с такими высокими показателями осаднения, очевидно, является несколько меньшей, поскольку участки с высоким показателем осаднения азота в основном сосредоточены в Центральной Европе, т.е. в регионе с наибольшим количеством участков интенсивного мониторинга. В отдельных случаях измеренные уровни осаднения могут способствовать росту деревьев, поскольку изначально большинство лесов испытывает нехватку азота.

5. В регионах, охваченных мониторингом в 1996 и 1997 годах, было отмечено незначительное увеличение объема осаднения серы (S) и уменьшение объема осаднения азота. Вследствие этого в 1997 году объем как общего, так и совокупных осаднений азота практически на всех участках, очевидно, превышал объем осаднений серы. Средний расчетный показатель совокупного осаднения азота примерно в два раза превышал аналогичный показатель для серы (см. диаграмму I). Эти показатели отличаются от показателей, полученных в 1996 году, когда на большинстве участков в Центральной Европе объем осаднений азота был меньшим. Согласно расчетам совокупный объем осаднений азота в 1996 году приблизительно на 50% превышал объем осаднений серы.

#### 2. Географические различия в показателях атмосферных осаднений

6. Как и в предыдущем году показатели осаднений по отдельным географическим регионам существенно отличались друг от друга. Объем атмосферного осаднения всех ионов увеличился на громадной территории - от северных полярных регионов до Западной Европы. Показатели осаднений сульфата (SO<sub>4</sub>), нитратов (NO<sub>3</sub>) и кальция (Ca) были значительно более высокими в центральной и восточной частях Европы, тогда как показатели осаднения аммония (NH<sub>4</sub>) были несколько более высокими в Западной Европе. Была отмечена явная позитивная корреляция показателей атмосферных

осаждений  $\text{SO}_4$  и  $\text{Ca}$  с уровнем осадков, и это свидетельствует о том, что данные ионы осаждаются в основном в результате дождей.

### 3. Временные тенденции в динамике атмосферных осадений

7. Больше уменьшение объема осадений серы по сравнению с азотом – это явление, которое в основном наблюдалось в последнее десятилетие (см., например [2]). В тот период, когда впервые возникла проблема "кислотных дождей" (конец 70-х годов), объем осадений серы, как правило, превышал объем осадений азота. Эти изменения документально подтверждены в одном из проведенных недавно исследований [2], в котором зарегистрированные на 53 участках показатели годовых общих осадений и осадений, проникающих через полог леса, 80-х годов сравниваются с аналогичными показателями 90-х годов. Если показатели осадений за более ранний период были взяты из научной литературы [3], то показатели за более поздний период основываются на результатах программы интенсивного мониторинга. Поскольку имеющиеся в европейских информационных центрах данные о временных рядах уровня II охватывают слишком короткий период, пришлось использовать также внешние данные. Для сравнения отбирались данные о древостоях с одинаковыми породами деревьев, расположенных на расстоянии 10 км друг от друга, в Германии, Франции и Финляндии. Результаты сравнения свидетельствуют о том, что почти на всех участках коэффициент  $N/S$  в 90-х годах был более высоким, чем в 80-х (см. диаграмму II). Можно было ожидать, что коэффициент  $N/S$  за этот период возрастет еще больше. Причина такого относительно незначительного роста заключается в том, что, хотя объем осадений аммония в этот период оставался практически неизменным, объем осадений нитратов существенно уменьшился, хотя и не в такой степени, как объем осадений серы.

### В. Влияние атмосферных осадений на совокупный набор элементов в почве

8. Информация о химическом составе почвы, например о совокупности основных биогенных элементов, позволяет судить о наличии в почве биогенных веществ и ее кислотности. Такая информация может также использоваться для прогнозирования относительных изменений в подобных совокупностях с учетом атмосферных осадений элементов и их возможного удержания. Оценка совокупностей элементов в почве основывалась на данных по 604 участкам, на которых до 1997 года проводился анализ почвы. Оценка периодов наблюдения, необходимых для выявления существенных тенденций и влияния экологических факторов, определялась наличием данных об осадениях и касалась примерно 200 участков. Эта оценка ограничивалась анализом содержания азота в органическом слое, поскольку эта совокупность в наибольшей степени подвержена изменениям в результате осадений азота.

1. Рассчитанное по моделям воздействие осаджений азота на совокупность азота в почве за десятилетний период

9. Для того чтобы определить, через какое время повторное обследование почвы позволит получить информацию о существенных изменениях, была изучена динамика состояния совокупности азота в почве. Изучение совокупности азота показывает, что его среднее содержание (50 перцентилей) в органическом слое равняется 396 кг/га (см. таблицу1). При том допущении, что колебания в размере совокупного содержания элементов – стандартные колебания – равняются 20%, можно подсчитать дополнительный объем азота, необходимый для того, чтобы в совокупном содержании почвенного азота произошли существенные изменения. Средний показатель таких необходимых изменений составил 81 кг/га. На следующем этапе показатели требуемых изменений сопоставлялись с расчетными объемами атмосферных осаджений азота в будущем, при этом считалось, что объем осаджений на протяжении десяти лет будет оставаться неизменным. Объем таких осаджений в будущем исчислялся по меньшей мере 101 кг/га за десять лет для 50% участков.

10. Сравнение показателей требующихся изменений в совокупном содержании азота с накопившимся за десятилетний период количеством поступившего в почву азота, показывает, что существенные изменения могут произойти на более чем 50% участков. Однако в действительности не весь азот задерживается в органическом слое, поскольку частично он аккумулируется в минеральной почве, а частично вымывается подземными водами. С помощью простой модели, учитывающей все эти аспекты, можно подсчитать, что значительные изменения в содержании азота произойдут на 25% участков, если обследование почвы повторить через десять лет.

11. Период времени, необходимый для оценки существенных изменений в совокупном содержании элемента, увеличивается по мере самого его увеличения и, как правило, уменьшается при увеличении объема атмосферных осаджений. Более сложные оценки показали, что применительно к совокупности металлов, входящих в обменные основания, процент участков, на которых можно ожидать существенных изменений, очевидно, будет меньшим, хотя и изменения могут происходить на различных участках.

2. Взаимосвязь между совокупным содержанием различных элементов и экологическими факторами

12. Примерно на 30-50% изменения в совокупном содержании элемента объясняются действием экологических факторов. Изменения в таком содержании в органическом слое в основном зависят от таких факторов, как осадки и температура. Совокупное содержание

увеличивается в более кислотной, влажной и холодной среде. Наиболее важной переменной минерального слоя является тип почвы, за которым следуют осадки и температуры. Показатель рН оказывал существенное влияние только на содержание обменных катионов оснований.

### С. Химический состав лиственного покрова

13. Химический состав лиственного покрова лесных деревьев является важным показателем состояния деревьев, в особенности наличия биогенных веществ. По концентрации элементов (биогенных веществ) в лиственном покрове можно судить о нехватке или избытке таких веществ как в абсолютном выражении, так и по сравнению с другими элементами. Таким образом можно определить оптимальный уровень содержания всех элементов для каждой породы деревьев, а также соответствующие коэффициенты. Оценка химического состава лиственного покрова проводилась на 674 площадках, на которых произрастали такие породы деревьев, как сосна, ель, дуб и бук. Оценка взаимосвязей между концентрацией питательных веществ в лиственном покрове и экологическими факторами была проведена на примерно 200 участках, по которым имелись данные об осадениях (объеме осадков, проникающих через полог леса).

#### 1. Концентрации биогенных веществ в лиственном покрове и соответствующие коэффициенты

14. Если учитывать все биогенные вещества, то можно считать, что концентрация биогенных веществ в лиственном покрове приблизительно 30% лесных массивов является низкой и/или несбалансированной (см. таблицу 2). Низкие концентрации и несбалансированность содержания калия, кальция и магния характерны в первую очередь для бука. Это особенно касается магния, нехватка которого в листьях бука равняется 32%. Если учитывать все биогенные вещества, то нехватка или несбалансированность содержания одного или нескольких питательных веществ была отмечена на 22-55% участков, при этом более высокий процентный показатель касается бука. Это свидетельствует о том, что в большинстве случаев наблюдалась нехватка или несбалансированность концентрации лишь одного биогенного вещества по сравнению с азотом.

#### 2. Влияние атмосферного осадения и других факторов стресса

15. Для анализа влияния различных экологических факторов на концентрации биогенных веществ в лиственном покрове использовался многоступенчатый

регрессионный анализ. Была обнаружена статистически значимая зависимость содержания биогенных веществ в листовом покрове от возраста деревьев, типа почвы, высоты над уровнем моря, осадков, температуры, химического состава почвы и атмосферных осадков. Однако в зависимости от конкретных биогенных веществ и пород деревьев влияние этих экологических факторов было весьма различным.

16. Была установлена существенная взаимосвязь между объемами осадков азота и серы и концентрацией азота и серы в покрове хвойных пород (см. диаграмму III). У сосны зависимость концентрации азота в хвое от объема осадков, проникающих сквозь полог леса, была более выраженной, чем у ели. Вместе с тем как для сосны, так и для ели характерны значительные колебания в содержании азота, даже при малых объемах его осадков. Скорее всего эти колебания объясняются местными различиями в содержании азота в почве, которое отчасти предопределяется предыдущей практикой землепользования. Такие результаты говорят о том, что возможный дисбаланс в содержании питательных веществ по сравнению с содержанием азота, конечно же, объясняется объемом атмосферных осадков азота, по крайней мере, в случае этих трех пород деревьев.

17. Влияния осадков каких-либо других катионов оснований, за исключением марганца, на концентрацию катионов оснований в листовом покрове выявить не удалось. Вместе с тем в целом концентрация катионов оснований в листовом покрове коррелировала с концентрацией соответствующего катиона в органическом и/или минеральном слое. Это говорит о том, что катионы, присутствующие в почве, оказывают значительно большее влияние на концентрацию этих биогенных веществ в листовом покрове, чем атмосферные осадки.

#### D. Взаимосвязь между состоянием кроны и экологическими факторами

18. С целью анализа воздействия различных экологических факторов на дефолиацию сосны, ели, дуба и бука было проведено специальное корреляционное исследование. Влияние оценивалось с учетом состояния деревьев на 262 участках, по которым имелись данные об осадках, проникающих сквозь полог леса. Аналитические выводы будут уточнены, когда поступит информация о возрасте деревьев, вредных насекомых, болезнях и качестве воздуха. Результаты исследования свидетельствуют о том, что 20-50% колебаний в степени дефолиации можно объяснить различиями в возрасте деревьев, различными типами почв, различиями в осадках, объемах осадков азота и серы, а также различиями в химическом составе листового покрова (см. таблицу 3). По сравнению с предыдущими исследованиями, проводившимися в европейских масштабах (например, [4; 5], см. также главу IV), в ходе данного исследования был сделан важный вывод о том,

что высокий процент колебаний возможно объясняется действием различных экологических факторов. Этот вывод основывается на результатах замеров, проведенных на относительно большом количестве участков, а не на данных моделирования, которые приходилось использовать в предыдущих исследованиях.

19. Ниже описывается воздействие отдельных экологических факторов (см. также таблицу 3):

- а) как и в предыдущих исследованиях, в рамках данного исследования было установлено, что с увеличением возраста деревьев степень дефолиации всех трех пород деревьев, за исключением сосны, увеличивается;
- б) степень дефолиации ели и дуба на песчаных почвах, очевидно, превышает степень дефолиации этих пород деревьев на глинистых почвах, что скорее всего объясняется различиями в содержании воды и питательных веществ;
- в) увеличение объема осадков коррелировало с увеличением степени дефолиации у сосны, однако это оказывало прямо противоположное воздействие на бук, очевидно, по причине уменьшения стресса, вызванного засухой;
- г) большие объемы осаджений азота и серы коррелировали с более высокой степенью дефолиации ели, дуба и бука, за исключением того, что увеличение объема осаджений азота не оказало соответствующего влияния на ель, что, возможно, объяснялось увеличением содержания азота на участках, страдающих недостатком азота.

### III. СОСТОЯНИЕ КРОНЫ В 1999 ГОДУ И ИЗМЕНЕНИЯ В ЕЕ СОСТОЯНИИ В ПРОШЛОМ

20. Состояние кроны является важным показателем состояния лесов. Если на втором уровне мониторинга оно стало одним из многих переменных показателей реакции на воздействие, то на первом уровне мониторинга это – главный параметр. С помощью мультивариативных статистических данных, полученных на первом, а также на втором уровне мониторинга, и с использованием внешних данных удалось продемонстрировать зависимость состояния кроны от факторов экологического стресса (см. главу II, раздел D, и главу IV). Для оценки состояния кроны используются 5-процентные степени дефолиации, при этом различается пять категорий дефолиации с различным охватом. Состояние кроны зависит от действия множества различных факторов стресса. Таким образом, показатели дефолиации за один год являются источником лишь ограниченной информации о воздействии единичных факторов. Вместе с тем динамика дефолиации с



течением времени может позволить выявить постоянно действующие факторы стресса, как, например, загрязнение воздуха, при условии, что будут учитываться также другие факторы, например возраст деревьев.

21. Результаты транснационального обследования – это часть результатов обследования, проведенного в 1999 году по сетке с квадратами 16 x 16 км, охватывающей 30 участвующих стран. Приводимые оценки основываются на данных по 5 764 участкам мониторинга уровня I, расположенным во всех государствах – членах ЕС и 15 странах, не входящих в состав ЕС, которые с целью оценки были проанализированы Центром координации программной деятельности МСП по лесам в Гамбурге (Германия). В общей сложности была проведена оценка состояния 128 977 деревьев. Были проведены также оценки на национальном уровне, которые основывались на данных более плотных сетей.

#### 1. Состояние кроны в 1999 году

22. В 1999 году почти четверть (22,6%) всех подвергшихся оценке деревьев в Европе была отнесена к категории деревьев, которым нанесен средний или серьезный ущерб. В 1998 году этот показатель был равен 23,1%. В 1999 году почти 1% деревьев погиб, 41% подвергся незначительной дефолиации и более трети (36%) деревьев было отнесено к категории здоровых. Состояние кроны деревьев в странах ЕС было несколько лучшим, чем в Европе в целом. Из четырех основных пород деревьев от дефолиации особенно пострадали европейский и скальный дуб.

#### 2. Годовые показатели гибели деревьев

23. Годовые показатели гибели деревьев основных пород в период с 1992 по 1999 год составляли 0,1-0,8%. Ежегодно с участков удалялось от 1% до 4% деревьев. Эти показатели находятся в том диапазоне, который можно считать нормальным для регулируемых лесов в Европе. Таким образом, отмирание верхних побегов деревьев в широких масштабах не предвидится. Вместе с тем из отдельных регионов поступали данные о высоком проценте гибели деревьев определенных пород (например, европейского дуба).

24. Степень дефолиации вырубленных деревьев была в среднем сопоставима со степенью дефолиации в рамках общей выборки деревьев, за которыми велось наблюдение. Это означает, что лесоустроительные работы вряд ли влияют на средние показатели степени дефолиации. Было установлено, что деревья, отнесенные к категории деревьев, которым нанесен серьезный ущерб, в течение семи лет погибали значительно чаще, чем деревья других категорий. Возрастала и доля удаляемых деревьев. С другой

стороны, значительная часть деревьев, которым был нанесен серьезный ущерб, восстановилась: 38% обыкновенной ели, 43% лиственных пород, 61% обыкновенного бука и 62% обыкновенной сосны.

### 3. Изменение состояния кроны

25. Сопоставление показателей за 1994 и 1999 годы свидетельствует о значительном изменении среднего показателя дефолиации почти на половине участков в Европе. Доля участков, на которых состояние кроны ухудшается (23,4%), несколько превышает долю участков, на которых состояние кроны восстанавливается (21,4%). По сравнению с периодом 1992-1998 годов разница между долей участков, на которых положение ухудшается (31,2%), и долей участков, на которых положение улучшается (15,4%), уменьшилась, что свидетельствует о замедлении общих темпов ухудшения состояния кроны в последнее время.

26. В большинстве из десяти климатических зон Европы [1] какой-либо явной однозначной тенденции выявлено не было, однако большинство участков, состояние которых ухудшается, находится в тех или иных частях Средиземноморского региона. Этот регион охватывает значительную часть территории Португалии, южные части Испании и Франции, отдельные части Италии, а также Хорватии. Здесь средний показатель дефолиации всех пород деревьев существенно увеличился за последние пять лет. Более детальные оценки свидетельствуют о том, что наиболее быстрыми темпами состояние кроны бука обыкновенного, сосны обыкновенной и сосны приморской ухудшается именно в этом регионе. Так, например, доля приморской сосны, не имеющей признаков повреждения, в Средиземноморском регионе (южной его части) сократилась за указанный период с 65 до 38%. Это, вероятно, объясняется наблюдавшейся на протяжении ряда лет засухой, нашествием насекомых и поражением деревьев грибковыми заболеваниями. Что касается загрязнения воздуха, то, как предполагается, особенно серьезный ущерб деревьям в этом регионе нанес озон [2]. Более полную картину, очевидно, можно будет составить при поступлении данных широкомасштабного мониторинга озона.

27. Наибольшее количество участков, на которых состояние деревьев улучшается, находится в так называемом Субатлантическом регионе, который включает Польшу, западную часть Словакии, Чешскую Республику и восточную часть Германии. Улучшение состояния в основном объясняется благоприятными погодными условиями в последние годы. Возможное воздействие значительного сокращения объема осадений серы трудно отделить от воздействия этих природных факторов. Особенно заметно улучшилось состояние сосны обыкновенной; в Субатлантическом регионе доля сосновых

деревьев, отнесенных к категории деревьев, которым был нанесен ущерб, за последние пять лет сократилась с 46% до 26%.

28. Динамика средних показателей дефолиации шести основных европейских пород деревьев свидетельствует об ухудшении общего положения. Вместе с тем должны учитываться тенденции, характерные для отдельных пород деревьев, а при наличии достаточных данных - даже для каждого конкретного региона (см. диаграмму IV). Из всех основных пород деревьев только для сосны обыкновенной было характерно пусть незначительное, но неуклонное снижение среднего показателя дефолиации за последние пять лет. Она, очевидно, наиболее распространена на участках первого уровня мониторинга и произрастает в большинстве климатических зон. Однако необходимо осторожно подходить к толкованию общей тенденции к улучшению состояния кроны у этой породы деревьев, поскольку динамика в различных регионах неодинакова: в Субатлантическом регионе состояние ее кроны улучшается, тогда как в регионах Средиземноморья ухудшается. В отличие от сосны обыкновенной динамика изменения состояния кроны ели обыкновенной сходна в большинстве регионов. Высшего уровня средний показатель дефолиаций достиг в середине 90-х годов, затем он снизился, а в конце десятилетия вновь начал повышаться. Несколько ухудшилось состояние обыкновенного бука, о чем свидетельствуют данные наблюдения за деревьями на участках общеевропейской системы мониторинга. Это в основном объясняется ухудшением состояния деревьев в южных частях Европы, тогда как в других ее частях показатель дефолиации колеблется. В 1999 году впервые за период с 1991 года снизился средний показатель дефолиации европейского дуба. Такое улучшение состояния кроны дуба наблюдалось во всех регионах произрастания этой породы. Приморская сосна и каменный дуб произрастают только в южных частях Европы, где в ряде районов наблюдалось дальнейшее ухудшение состояния приморской сосны, а в 1999 году было отмечено ухудшение состояния каменного дуба после короткого периода улучшения его состояния в 1997 и 1998 годах.

#### IV. АНАЛИЗ ПРИЧИН УЩЕРБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИВАРИАТИВНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

29. Один из подходов к анализу факторов, влияющих на состояние лесов, заключается в использовании мультивариативных статистических данных, которые одновременно учитывают влияние и взаимодействие нескольких факторов стресса. Так, с целью разъяснения процессов дефолиации было проанализировано 23 исследования по всем европейским регионам, в частности использовались данные уровня I и уровня II. Необходимо иметь в виду, что практически все проанализированные исследования касались конкретных регионов и основных пород деревьев. Для оценки воздействия

климатических факторов и загрязнения воздуха в 23 рассмотренных исследованиях использовались данные, полученные с помощью моделей или путем интерполяции.

### 1. Возрастные и биотические факторы

30. В рамках ряда исследований было выявлено статистически значимое воздействие следующих факторов:

а) согласно статистическим данным состояние кроны особенно сильно зависит от такого переменного показателя, как возраст [1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 24, 26];

б) важную роль, особенно в том, что касается дефолиации пород дуба, могут играть нашествия насекомых и грибковые заболевания. Они могут вызываться погодными условиями, экологическими факторами или контролируруемыми на местах популяционными процессами [9, 17];

с) цветение и плодоношение деревьев влияют на степень дефолиации, особенно обыкновенной сосны и мачтового бука [7, 17].

### 2. Климатические факторы

31. Практически все исследования свидетельствуют о вредном воздействии засухи на основные породы деревьев. На обыкновенную сосну, а также на черешчатый и скальный дуб, очевидно, влияют также холодные зимы и поздние заморозки. Кроме того, климатические градиенты следует учитывать при толковании процесса дефолиации, особенно тогда, когда речь идет о более крупных районах [5, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 24, 25, 26].

### 3. Загрязнители воздуха

32. Ряд исследований свидетельствует также о статистически значимом воздействии загрязнителей воздуха:

а) воздействие соединений серы. Соединения серы, как было установлено, влияют на степень дефолиации или обесцвечивания ели обыкновенной, поскольку длительное время неопadaющая хвоя этой породы особенно восприимчива к высоким концентрациям и осадениям серы. Если в настоящее время в обширных районах Европы концентрация диоксида серы снизилась, то раньше соединения серы наносили деревьям еще больший ущерб [1, 9, 13, 16, 17, 24];

б) воздействие озона на различные широколиственные породы деревьев. Озон наносит ущерб деревьям в основном в климатических условиях Средиземноморья. Вместе с тем в северных частях Европы, где было проведено большинство рассмотренных исследований, концентрации озона в ряде случаев могли существенно влиять на наблюдавшиеся процессы дефолиации [5, 9, 10, 11, 13, 14, 17, 18];

с) вредное и полезное воздействие азота. Воздействие азота существенно зависит от особенностей конкретного района. Позитивное воздействие на состояние кроны было отмечено в тех районах, где недостаточное поступление азота, очевидно, по-прежнему является одним из факторов, сдерживающих рост деревьев (например, в отдельных частях Соединенного Королевства). В условиях насыщенности азотом (например, в Нидерландах) азот может повышать степень дефолиации [1, 12, 13].

#### 4. Воздействие через почву

33. В результате исследований, проведенных в основном в центральной части Европы, были выявлены изменения в физических и химических параметрах почвы, которые объясняются, по крайней мере частично, атмосферными осаднениями. Вместе с тем было выявлено не так много статистически значимых взаимосвязей, к которым относятся следующие:

а) подкисление: низкий показатель рН, низкая концентрация кальция и/или марганца, низкая насыщенность основаниями и высокая концентрация алюминия коррелируют с высокими показателями дефолиации у сосны и ели обыкновенной, а также отчасти у бука [2, 3, 6, 7, 19];

б) засуха: было установлено, что нехватка влаги в почве оказывает негативное воздействие на состояние кроны, особенно у ели обыкновенной и бука, и в меньшей степени сказывается на сосне обыкновенной [2, 7, 15, 17, 25];

с) другие взаимосвязи зависят от особых, в основном региональных, условий, и их вряд ли можно обобщить.

## V. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

### 1. Выводы

34. За 14 лет своего существования система совместного мониторинга состояния лесов МСП по лесам, функционирующая в тесном сотрудничестве с ЕС, превратилась в одну из

наиболее крупных систем биомониторинга в мире. На европейском уровне проводятся оценки пространственных и временных колебаний в состоянии кроны, а дополнительные данные о почве и листовном покрове, поступающие с тех же самых участков, позволяют проводить комплексные исследования, направленные на изучение воздействия определенных комбинаций экологических факторов. На экосистемном уровне интенсивный мониторинг способствует пониманию процессов, происходящих в условиях воздействия загрязнения воздуха и действия других факторов стресса.

35. На основе полученных на сегодняшний день результатов мониторинга можно сделать следующие выводы:

а) по сравнению с оценками предыдущего года общее ухудшение состояния кроны замедлилось. Изменения в степени дефолиации варьируются в зависимости от пород деревьев и регионов. В отдельных частях Средиземноморского региона средний показатель ухудшения состояния деревьев повысился больше, чем в каком-либо другом регионе. Это в основном объясняется продолжающимся ухудшением состояния приморской сосны и каменного дуба. В Восточной и Центральной Европе средний показатель дефолиации существенно снизился. Улучшение состояния деревьев в этом регионе было особенно заметно в случае обыкновенной сосны;

б) углубленные оценки коэффициентов гибели деревьев свидетельствуют о том, что массового отмирания верхушек побегов в период мониторинга не происходило.

36. В большинстве случаев определить причины наблюдающегося ухудшения состояния отдельных лесов или деревьев невозможно. Статистические оценки свидетельствуют о наличии комплексной системы экологических условий и факторов стресса, которые могут поочередно и совместно воздействовать на древостой, создавая синергический или кумулятивный эффект, и таким образом вызывать у деревьев экологическую реакцию различных видов. К основным статистически значимым факторам, от которых зависит степень дефолиации, относятся возраст деревьев, наличие вредных насекомых и грибковых заболеваний, экстремальные климатические явления, загрязнители воздуха, как, например, соединения серы и азота, а также озон и кислотные или обезвоженные почвы.

37. Интенсивные исследования, проведенные на участках, и тщательное изучение факторов стресса, воздействующих на лесные экосистемы, а также биологических и химических условий в экосистемах позволили установить следующее:

а) на 266 обследованных участках уровня II объем атмосферных осаджений азота, как правило, превышал объем осаджений серы. На приблизительно 55% таких участков объем осаджений азота был таким, при котором можно ожидать негативного воздействия. Однако подобные участки неравномерно распределяются по всей Европе;

б) на дефолиацию сосны, ели, дуба и бука в значительной степени влияют возраст древостоя, типы почвы, осадки и осаджения азота и серы. Статистический анализ состояния деревьев на 262 участках показывал, что приблизительно 20-50% колебаний в степени дефолиации можно объяснить действием этих экологических факторов;

в) содержание питательных веществ в листовом покрове можно считать низким и/или несбалансированным на приблизительно 30% от 674 обследованных участков. Осаждения как азота, так и серы ведут к повышению концентрации этих элементов в хвое сосны и ели обыкновенной. В отличие от этого содержание в листовом покрове кальция, магния и калия намного больше зависит от типа участка;

г) пулы элементов в почве зависят от типа почвы, пород деревьев, высоты над уровнем моря, осадков, температуры и кислотности. Расчеты по моделям указывают на то, что если объем осаджений азота будет оставаться неизменным, то в течение десяти лет следует ожидать значительных изменений в азотных пулах на приблизительно 25% от 200 находящихся под наблюдением участков.

## 2. Перспективы

38. В текущем году был завершен внутренний обзор осуществления программы и была согласована стратегия следующего этапа осуществления программы на период до 2006 года. Общеввропейская система мониторинга МСП по лесам является уникальным источником информации о состоянии лесных экосистем. Данные, собираемые с помощью этой программы, и их оценка важны для разработки политики не только в области охраны окружающей среды, но и в других областях лесного хозяйства, как, например, устойчивое лесопользование, биоразнообразие лесов и мониторинг воздействия изменения климата на лесные экосистемы. Таким образом, данная система мониторинга является экономичным средством многофункционального мониторинга. Именно поэтому дальнейшему осуществлению мониторинга на уровне II и дальнейшей комплексной оценке данных мониторинга на уровне I и уровне II, иногда в сочетании с внешними данными, придается высокий приоритет в рамках программы. К другим областям деятельности, значение

которых будет возрастать, относятся улучшение качества данных в рамках программы и сотрудничество с другими организациями, действующими в смежных областях.

## VI. СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Глава II:

- [1] De Vries, W., G.J. Reinds, M. Kerkvoorde, C.M.A. Hendriks, E.E.J.M. Leeters, C.P. Gros, J.C.H. Voogd and E.M. Vel (2000). Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 2000. UN/ECE, EC, Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute, 188 pp.
- [2] Erisman, J.W. and W. de Vries, 1999. Nitrogen turnover and effects in forests. Contribution to the Welt Forum 2000 Workshop, held 2-5 July in Soltau, Germany. ECN Report RX 99035, 34pp.
- [3] Ivens, W.P.M.F., 1990. Atmospheric deposition onto forest: an analysis of the deposition variability by means of throughfall measurements. Ph.D. Thesis, University of Utrecht, Netherlands, 153pp.
- [4] Klap, J.M., J. Oude Voshaar, W. de Vries and J.W. Erisman, 1999. Effects of environmental stress and crown condition in Europe. IV Statistical analyses of relationships. Water, Air and Soil Pollution (accepted).
- [5] Mueller-Edzards, C., W. de Vries and J.W. Erisman (Eds.), 1997. Ten Years of Monitoring Forest Condition in Europe - Studies on Temporal Development, Spatial Distribution and Impacts of Natural and Anthropogenic Stress Factors. Technical Background Report. UN/ECE and EC. Geneva, Brussels : 211-224.



## Глава III:

- [1] Walter, H., Harnickell, E., Mueller-Dombois, D., 1975: Klimadiagramm-Karten der einzelnen Kontinente und die ökologische Klimagliederung der Erde. G. Fischer, Stuttgart, 36 p. + 9 maps.
- [2] Krause, G.H.M. and Sanz, M.J (1999): Ozone effects and a perspective for their assessment. in: UN/ECE and EC. 2000: Forest condition in Europe. 1999 Executive Report. UN/ECE and EC, Geneva and Brussels.

## Глава IV:

- [1] Anonymus, 1997: National reports: Finland. In: United Nations Economic Commission for Europe, European Commission (eds.): Ten years of monitoring forest conditions in Europe. Brussels, Geneva, 67-70.
- [2] Becher, G., 1999: Waldzustandsanalyse mit multivariaten Verfahren. Springer, Berlin, Heidelberg, 312 p.
- [3] Block, J., Bopp, O., Butz-Braun, R., Wunn, U., 1996: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung. Mitt. aus der Forstl. Versuchsanst. Rheinland.Pfalz 35/96: 298 p.
- [4] De Vries, W., Reinds, G.-J., Deelstra, H.D., Klap, J.M., Vel, E.M., 1999: Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. European Commission, United Nations Economic Commission for Europe, Brussels, Geneva, 173 p.
- [5] Dobbertin, M., Ghosh, S., Innes, J.L., 1997: National reports: Switzerland. In: United Nations Economic Commission for Europe, European Commission (eds.): Ten years of monitoring forest conditions in Europe. Brussels, Geneva, 120-124.
- [6] Gärtner, E.J., Urfer, W., Eichhorn, J., Grabowski, H., Huss, H., 1990: Die Nadelverluste mittelalter Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) in Hessen in Abhängigkeit von Nadelinhaltsstoffen, Bodenelementgehalten und Standortfaktoren. Forschungsber. Hess. Forstl. Versuchsanstalt 10, 190 p.
- [7] Göttlein, A., Pruscha, H., 1996: Der Einfluß von Bestandeskenngößen, Topographie, Standort und Witterung auf die Entwicklung des Kronenzustandes im Bereich des Forstamtes Rothenbuch. Forstw. Cbl. 115: 146-162.

- [8] Hendriks, C.M.A., de Vries, W., van den Burg, J., 1994: Effects of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands. DLO Winand Staring Centre for integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, Report 69.2, 55 p.
- [9] Hendriks, C.M.A., van den Burg, J., Oude Voshaar, J.H., van Leeuwen, E.P., 1997: Relations between forest condition and stress factors in The Netherlands in 1995. DLO Winand Staring Centre for integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, Report 148, 134 p.
- [10] Innes, J.L., Boswell, R.C., 1988: Forest health surveys 1987. Part 2: analysis and interpretation. Forestry Commission Bulletin 79, 52 p.
- [11] Innes, J.L., Ghosh, S., Dobbertin, M., Rebetez, M., Zimmermann, S., 1997: Kritische Belastungen und die Sanasilva-Inventur. In: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (ed.): Säure- und Stickstoffbelastungen - ein Risiko für den Schweizer Wald? Forum für Wissen 1997, 73-83.
- [12] Innes, J.L., Whittaker, R.J., 1993: Relationships between the crown condition of Sitka and Norway spruce and the environment in Great Britain: an exploratory analysis. *Journal of Applied Ecology* 30: 341-360.
- [13] Klap, J., Voshaar, J.O., de Vries, W., Erisman, J.W., 1997: Relationships between crown condition and stress factors. In: United Nations Economic Commission for Europe, European Commission (eds.): Ten years of monitoring forest conditions in Europe. Brussels, Geneva, 277-307.
- [14] Krause, G.H.M., Sanz, M.-J., 1999: Ozone effects and a perspective for their assessment. In: United Nations Economic Commission for Europe, European Commission (eds.): Forest condition in Europe, 1999 executive report. Geneva, Brussels, 24-26.
- [15] Kristöfel, F., 1997: National reports: Austria. In: United Nations Economic Commission for Europe, European Commission (eds.): Ten years of monitoring forest conditions in Europe. Brussels, Geneva, 91-96.
- [16] Ling, K.A., Power, S.A., Ashmore, M.R., 1993: A survey of the health of *Fagus sylvatica* in southern Britain. *J. Appl. Ecol.* 30: 295-306.
- [17] Mather, R., Freer-Smith, P., Savill, P., 1995: Analysis of the changes in forest condition in Britain 1989 to 1992. Forestry Commission Bulletin 116, HMSO, London, 53 p.

- [18] Rautio, P., Huttunen, S., Kukkola, E., Reura, R., Lamppu, J., 1998: Deposited particles, element concentrations and needle injuries on Scots pine along an industrial pollution transect in northern Europe. *Environmental Pollution* 103: 81-89.
- [19] Riek, W., Wolff, B., 1999: Integrierende Auswertung bundesweiter Waldzustandsdaten. Abschlußbericht. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung Eberswalde. 137 p. + app., not publ.
- [20] Seidling, W., 1999: Integrated study on crown condition, soil data and leaf contents. In: Forest Soil Co-ordinating Centre: Second Interim Report. United Nations Economic Commission for Europe, Flemish Government, European Commission (eds.), Ghent, annex 6, 23 p., not publ.
- [21] Solberg, S., 1999: Crown condition and growth relationship within stands of *Picea abies*. *Scan. J. For. Res.* in press.
- [22] Solberg, S., Tørseth, K., 1997: Crown condition of Norway spruce in relation to sulphur and nitrogen deposition and soil properties in southeast Norway. *Environmental Pollution* 96: 19-27.
- [23] Solberg, S., Tveite, B., 1999: Crown density and growth relationships between stands of *Picea abies* in Norway. *Scan. J. For. Res.*, in press.
- [24] Thomsen, M.G., Nellemann, C., 1994: Isolation of natural factors affecting crown density and crown color in coniferous forest: Implications for monitoring of forest decline. *Ambio* 23: 251-254.
- [25] Webster, R., Rigling, A., Walthert, L., 1996: An analysis of crown condition of *Picea*, *Fagus* and *Abies* in relation to environment in Switzerland. *Forestry* 69: 347-355.
- [26] Neuland, H., Bömelburg, H., Hanke, H., Tenhagen, P., 1990: Regionalstatistische Analyse des Zusammenhangs zwischen Standortbedingungen und Waldschäden. Dornier GmbH, Friedrichshafen, 198 p.

Примечание: Перечень справочной литературы приводится в том виде, в котором он был получен секретариатом.

**Таблица 1:**

Диапазоны совокупного содержания азота и изменения, которые должны произойти в этих пулах, с тем, чтобы можно было оценить значимые изменения в органическом слое на участках интенсивного мониторинга

Диапазон	Совокупное содержание азота пул (кг/га <sup>-1</sup> )	Необходимые изменения (кг/га <sup>-1</sup> )	Расчетный объем осадений азота за 10-летний период (кг/га <sup>-1</sup> )
5%	66	14	8
50%	396	81	101
95%	2731	793	290

**Таблица 2:**

Процент участков с низким содержанием биогенных элементов и/или несбалансированным содержанием этих элементов по сравнению с азотом (n = количество обследованных участков)

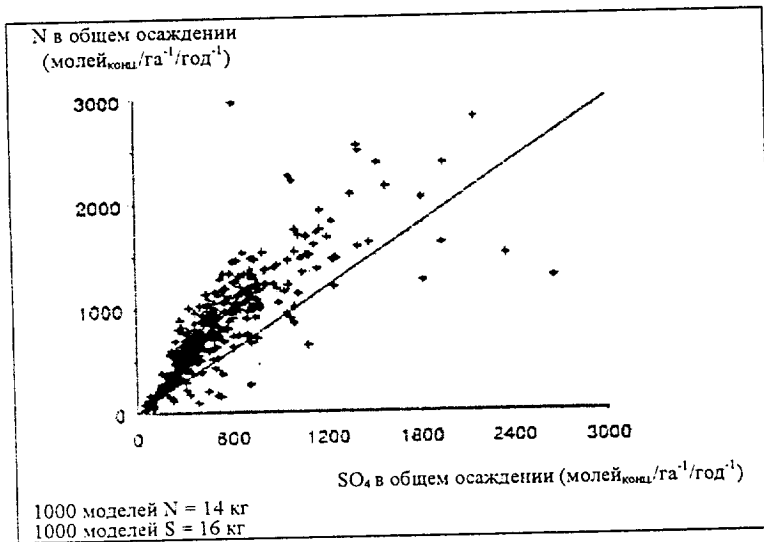
Порода деревьев	Фосфор	Калий	Кальций	Магний	Все биогенные элементы
Сосна (n = 245)	10	13	5	4	27
Ель (n = 200)	7	10	2	4	22
Дуб (n = 126)	26	5	7	8	38
Бук (n = 103)	23	14	11	32	55
Все породы деревьев (n = 645)	14	11	5	9	32

**Таблица 3:**

Независимые переменные, которыми объясняется дефолиация четырех пород деревьев на участках интенсивного мониторинга, с указанием количества участков (N) и процента скорректированного показателя R<sup>2</sup>adj.

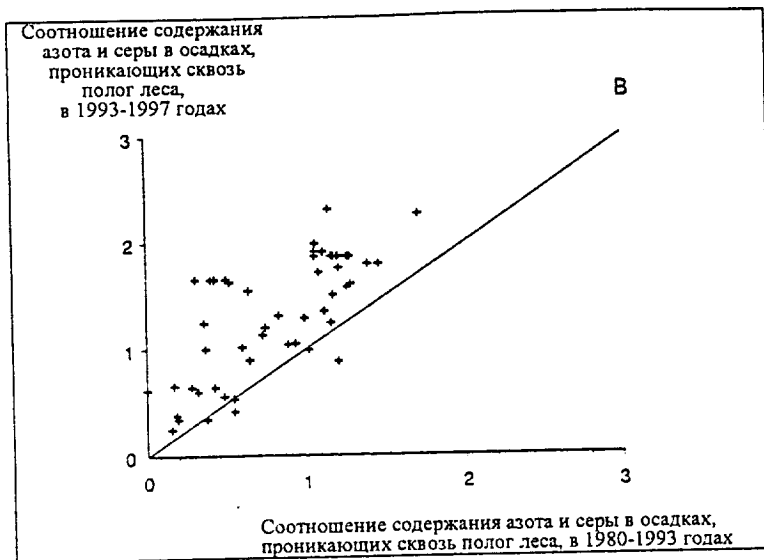
Переменная	Сосна	Ель	Дуб	Бук
Возраст (годы)	*	*	*	*
Тип почвы		*	*	
Осадки (мм/год <sup>-1</sup> )	*	*		*
Осаждения азота (молей <sub>конц.</sub> /га <sup>-1</sup> /год <sup>-1</sup> )		*	*	*
Осаждения серы (молей <sub>конц.</sub> /га <sup>-1</sup> /год <sup>-1</sup> )	*	*	*	
Содержание в листовом покрове (гр/кг <sup>-1</sup> )	*	*	*	
N	59	95	33	35
Скорректированный коэффициент R <sup>2</sup> adj.	21	35	44	48

\* существенная корреляция



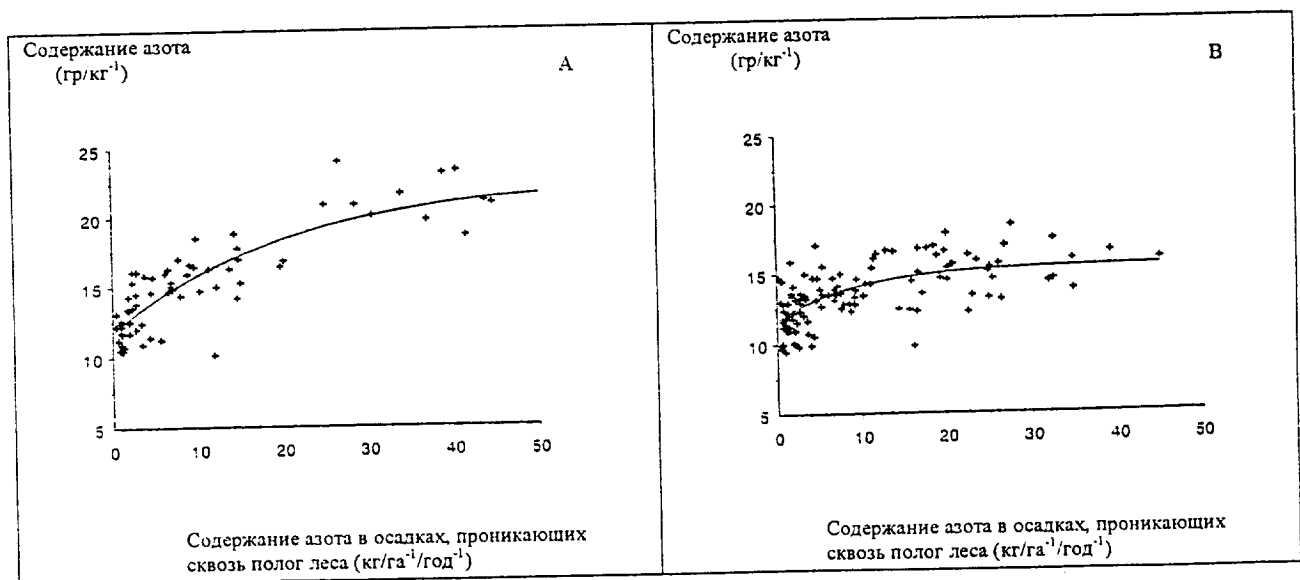
**Диаграмма I:**

Соотношение годовых объемов N и S в общем осадении на 401 участке в 1997 году. Сплошной линией показано равное соотношение величин.



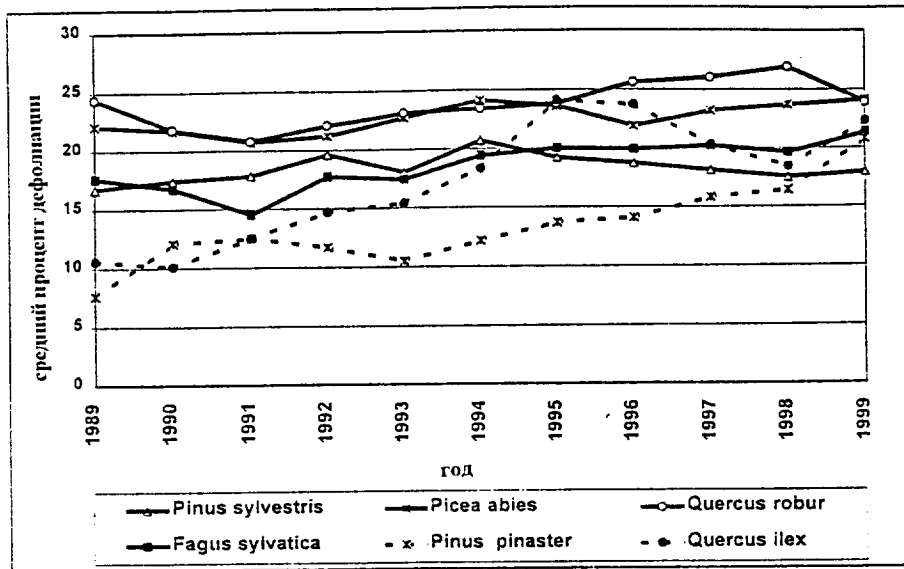
### Диаграмма II:

Соотношение содержания азота и серы в осадках, проникающих сквозь полог леса, замеренных на 53 соответствующих участках в 80-х и 90-х годах. Максимальное расстояние между сравниваемыми участками составляло 10 км. Сплошной линией показано равное соотношение величин.



### Диаграмма III:

Соотношение концентрации азота в хвое сосны (А) и ели (В) и содержания азота в осадках, проникающих сквозь полог леса.



#### Диаграмма IV:

Динамика среднего показателя дефолиации основных пород деревьев в Европе (динамика показателя дефолиации рассчитывалась только в отношении тех деревьев, за которыми велось постоянное наблюдение в период 1989-1999 годов. Стандартная погрешность для сосны обыкновенной, ели обыкновенной, дуба каменного и бука обыкновенного в любой год не превышала 0,4%; в случае двух других деревьев она в любой год не превышала 0,6%. Ввиду изменений в методах оценки данные, полученные во Франции, были исключены из временных рядов).

-----