



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.
GENERAL

EB.AIR/WG.1/1999/5
7 June 1999

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ПО КОНВЕНЦИИ
О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Рабочая группа по воздействию
(Восемнадцатая сессия, Женева, 25-27 августа 1999 года)
Пункт 5 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. Международная совместная программа по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса (МСП - леса) создала систему мониторинга для оценки изменений в состоянии лесов и его связи с загрязнением воздуха. Эта оценка состояния лесов преследует три основные цели:

а) получение дополнительных знаний о пространственном и временном изменении состояния лесов и его связи с факторами стресса, в частности с загрязнением воздуха. Это достигается с помощью мониторинга в рамках международной широкомасштабной сети систематических наблюдений, что называется "уровнем I интенсивности мониторинга";

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.

б) изучение связей, существующих между загрязнителями воздуха и другими факторами стресса, которые оказывают воздействие на лесные экосистемы, а также динамики состояния важных лесных экосистем в Европе. Это достигается с помощью интенсивного мониторинга на отобранных участках наблюдения, что называется "уровнем II интенсивности мониторинга";

с) обеспечение более глубокого понимания взаимодействия различных компонентов лесных экосистем на основе информации, получаемой в рамках более углубленных исследований воздействия загрязнения воздуха и других факторов стресса.

2. Для достижения этих целей были разработаны различные системы мониторинга:

а) для мониторинга состояния лесов и его динамики в широких масштабах и в течение длительного периода времени была создана так называемая "сеть уровня I". Эта сеть уровня I состоит из приблизительно 5 700 участков мониторинга, которые для проведения систематических обследований на общеевропейской уровне образуют сетку с квадратами 16 км x 16 км и на которых проводятся три основных вида оценок (см. таблицу 1);

б) в рамках программы интенсивного мониторинга было создано более 860 участков уровня II для изучения ключевых факторов и процессов в масштабе экосистемы. Выбор этих участков осуществляется с учетом их репрезентативности для конкретного европейского региона. На этих участках производятся измерения по значительно большему числу ключевых факторов (см. таблицу 1).

3. Некоторые ключевые параметры, используемые на двух уровнях мониторинга, совпадают, в связи с чем в будущем целесообразно проводить исследования в укрупненном масштабе. Таким образом, информация, получаемая с помощью этой системы мониторинга, представляет собой нечто более чем сумму результатов двух отдельных уровней, особенно в случае ее использования наряду с данными других общеевропейских сетей мониторинга.

II. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАЖДЕНИЯ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА (РЕЗУЛЬТАТЫ УРОВНЯ II)

4. Измерение объема атмосферных осадений в лесах связано с довольно большими трудностями и затратами. Поэтому в упомянутых выше комплексных обследованиях для значительного числа участков уровня I концентрации загрязнителей были смоделированы. Однако в рамках программы интенсивного мониторинга (уровень II) применяется более точный подход, в соответствии с которым объем осадений непосредственно измеряется на небольшом числе участков уровня II. В рамках программы интенсивного мониторинга (уровень II) особое внимание уделяется уровню осадений SO_x , NO_x и NH_x , а также другим факторам стресса, например неблагоприятным метеорологическим условиям. Деятельность в области измерения концентраций озона (O_3) будет интенсифицирована в

связи с получением все большего объема информации, свидетельствующей о его воздействии на жизнеспособность деревьев. Наиболее важные связи между данными (в конечном счете), включенными в базу данных интенсивного мониторинга, показаны на диаграмме 1. В настоящей главе основное внимание уделяется результатам, полученным в рамках обследования уровня атмосферных осаджений (320 участков) и химического состава почвенного раствора (103 участка).

5. Этот анализ был проведен после осуществления широких мер по проверке качества, включая проверку надежности и сопоставимости данных, а также обеспечение качества данных. Процесс обработки и проверки данных является довольно сложным, в связи с чем в приводимых ниже оценках использовались лишь данные за 1996 год или предыдущий период.

А. Атмосферные осаднения

1. Измерение атмосферных осаднений

6. Атмосферные осаднения в лесах измеряются ниже лесного полога (осадки, проникающие сквозь полог леса). Итоговые показатели, получаемые с помощью этого метода, представляют собой показатели объема мокрого и сухого осаднения, однако на их величину влияют, помимо прочего, поглощение элементов листвой и хвоей и их выщелачивание. В рамках измерения ствольного стока атмосферных осадков осуществляется сбор дождевой воды, стекающей на почву по стволам деревьев, охваченных выборкой. Важную информацию также позволяют получить измерения массовых осаднений на открытых участках, расположенных вблизи лесонасаждений. Эти измерения служат источником данных о мокром и сухом осаднении, при этом обмен, происходящий в пологе, не влияет на их результаты. Однако открытые участки не фильтруют воздух, как это делают леса, в связи с чем показатели осаднения являются более низкими.

7. Для получения информации об общем объеме осаднений в лесах показатели, полученные с помощью методов расчета объема осадков, проникающих сквозь полог леса, и ствольного стока атмосферных осадков, должны быть скорректированы с учетом воздействия таких факторов, как поглощение и выщелачивание элементов. С этой целью показатели объема осадков, проникающих сквозь полог леса, и ствольного стока атмосферных осадков сопоставляются с объемом массовых осаднений, а показатели поглощения элементов пологом леса рассчитываются на основе моделей. В случае отсутствия данных о ствольном стоке атмосферных осадков для получения приблизительных показателей используются простые модели.

2. Диапазоны и географические различия в показателях атмосферного осаднения с учетом критических нагрузок

8. Общие показатели осаднения серы (S) и нитратов (N) распределились в широком диапазоне. На приблизительно 90% участков показатель осаднения составлял от 100 до 3 000 молей_{конц.}/га/год или 2-45 кг/га/год (см. диаграмму 2).

9. На приблизительно 45% участков показатели поступления азота (N) превысили 1 000 молей_{конц.}/га/год или 14 кг/га/год (т.е. на 55% участков показатели поступления азота составили менее 1 000 молей_{конц.}/га/год; см. диаграмму 2). При таком уровне осаднения видовому разнообразию напочвенного растительного покрова может угрожать опасность. Критические нагрузки, в случае превышения которых возникает опасность для деревьев, значительно выше и являются весьма неодинаковыми для различных видов лесов и лесорастительных условий, приблизительно 1 000-3 500 молей_{конц.}/га/год (приблизительно 14-50 кг/га/год). Результаты сравнения с текущими нагрузками показывают, что некоторые участки продолжают испытывать на себе такое воздействие.

10. Общий объем кислотных осаднений (показатели по соединениям S и N, скорректированные с учетом катионов оснований) составили в большинстве случаев от 200 до 4 000 молей_{конц.}/га/год. Негативные последствия начинают сказываться после превышения 1 500-3 000 молей_{конц.}/га/год, что наблюдается на 15% участков. В зависимости от типа почвы и видов деревьев превышение этих нагрузок может быть критическим, поскольку оно обуславливает истощение питательных веществ и увеличение концентрации алюминия в почве.

3. Показатели процентной доли соединений азота и серы и катионов оснований в атмосферных осаднениях

11. Хотя в среднем содержание азота (N) и серы (S) в осадках, проникающих сквозь полог леса, было, согласно результатам измерений, одинаковым, после корректировки расчетов с учетом поглощения элементов пологом, средние общие показатели поступления N превысили показатели по S на 50%. Это позволяет предположить, что азот является доминирующим элементом в кислотных осаднениях на значительной части Европы. В северной и центральной Европе аммоний, источником которого является главным образом интенсивное земледелие, представляет собой доминирующее вещество в осаднениях N. Пространственное распределение осаднений N и S характеризуется довольно большими различиями. В то время как показатели массовых осаднений и общего объема осаднения азота превышают соответствующие показатели по сере на участках в западной Европе (Соединенное Королевство, Бельгия, Нидерланды, Люксембург, Франция), на участках в центральной Европе (Польша, Чешская Республика, Австрия, Венгрия) наблюдается в целом обратная картина.

12. Поступления катионов оснований в большинстве случаев положительно сказываются на состоянии лесных экосистем, поскольку они нейтрализуют кислотные вещества и в то же время выполняют функции питательных веществ для деревьев. Географическое распределение массовых осаднений кальция (Ca), который является основным нейтрализующим катионом оснований, сопоставимо с соответствующим распределением S и N: в северной Европе их уровень является низким, в центральной и южной Европе - высоким, а в западной Европе - умеренным. Таким образом, в центральной и южной Европе кислотные осаднения в значительной мере нейтрализуются поступлением катионов оснований.

13. Существенная связь была отмечена между показателями содержания Са и сульфата (SO_4) как в массовых осаднениях, так и в общем объеме осаднений. Такая корреляция, возможно, частично обусловлена сопутствующими выбросами диоксида серы (SO_2) и Са, образующимися на плавильных и нефтеочистительных заводах (см. диаграмму 3).

В. Химический состав почвенного раствора

1. Мониторинг химического состава почвенного раствора

14. С целью мониторинга химического состава почвенного раствора на большинстве участков использовались лизиметры напряжения, которые позволяют извлекать воду из различных слоев почвы. В 1996 году в рамках мониторинга химического состава почвы были получены данные по 103 участкам, главным образом в западной и северной Европе. Основное внимание было уделено химическому составу основных ионов в почвенном растворе после воздействия осаднений нитратов (N) и серы (S), причем это воздействие могло быть оказано непосредственно (SO_4 , NO_3 , NH_4) или косвенным образом в результате происходящих в почве реакций амортизации. Наиболее важные результаты приводятся ниже.

2. Диапазоны концентраций элементов с учетом критических уровней

15. Концентраций сульфата (SO_4), нитрата (NO_3), азота (N), алюминия (Al) и кальция (Ca) составляли в большинстве случаев от 0 до 2 ммоль_{конц.}/м³. Концентрации аммония (NH_4) почти всегда были ниже 1 ммоль_{конц.}/м³. Концентрации NO_3 превышали официальный критерий качества грунтовых вод, составляющих 800 ммоль_{конц.}/м³, на 18-26% участков в зависимости от глубины (таблица 2).

16. Соотношение концентрации токсичного Al и концентраций катионов оснований питательных веществ Са, Mg и K является важным параметром для оценки уровня подкисления почвы. В целом соотношение > 1 считается критическим. Это критическое соотношение было превышено на приблизительно 10-15% участков, в зависимости от обследованного слоя (см. таблицу 2).

3. Связи, существующие между концентрациями различных элементов в почвенном растворе

17. Уровень концентрации алюминия (Al) как в верхнем слое почвы, так и в подпочве, в значительной степени зависит от концентрации SO_4 и NO_3 в кислых почвах (почвах с насыщенностью основаниями ниже 25% или показателем pH ниже 4,5), особенно в подпочве (см. диаграмму 4). Это свидетельствует о том, что в таких почвах кислотные осаднения в целом нейтрализуются в результате высвобождения токсичного алюминия. В случае превышения этих уровней насыщенности основаниями и pH связь между концентрацией Al, с одной стороны, и концентрациями SO_4 и NO_3 , с другой стороны,

является очень слабой, что свидетельствует о нейтрализации кислотных веществ в результате высвобождения катионов оснований питательных веществ.

4. Одновременное воздействие атмосферных осадений, метеорологических условий и химического состава почвы на химический состав почвенного раствора

18. Атмосферные осадения очень существенно влияют на концентрации наиболее важных ионов в почвенном растворе. Их влияние даже значительней, чем воздействие метеорологических условий и химического состава почвы. Со статистической точки зрения этим можно объяснить колебания в концентрации этих основных ионов. Осадки NH_4 оказывают наибольшее воздействие на все рассматриваемые соединения (за исключением SO_4), при этом они обуславливают повышение концентрации азотосодержащих соединений, катионов оснований и Al и уменьшение pH. Это можно объяснить подкисляющим воздействием осадений NH_4 в результате преобразования NH_4 в NO_3 (нитрификации) в почве. Воздействие осадений $\text{SO}_4 + \text{NO}_3$ на катионы оснований и Al является в целом более слабым. Однако при толковании этого вывода следует проявлять осторожность ввиду большой корреляции между осадениями NH_4 , NO_3 и SO_4 . Воздействие всех осадений N на концентрации NO_3 показано на диаграмме 5.

19. В целом концентрации NO_3 и NH_4 в почвенном растворе являются низкими при осадении N ниже 1 000 молей_{конц.}/га/год. В случае превышения этого уровня осадения концентрации, как правило, повышаются по мере увеличения уровня осадения, хотя в этих случаях и могут отмечаться большие колебания.

С. Вопросы, заслуживающие особого внимания: воздействие озона и возможности его оценки

20. Первые наблюдения воздействия фотохимических окислителей на растительность были проведены более четырех десятилетий назад в районе большого Лос-Анджелеса в Соединенных Штатах. Результаты проведенных впоследствии многочисленных исследований показывают, что озон, который является доминирующим и наиболее распространенным загрязнителем этой группы, следует рассматривать в качестве чрезвычайно фитотоксичного элемента. Результаты исследований показывают, что он обуславливает повреждения листы сельскохозяйственных и садовых культур, а также деревьев хвойных и лиственных пород в Соединенных Штатах Америки и Азии, а с начала 80-х годов и в Европе [5, 6].

21. В почти всех районах Европы концентрации озона в летний период являются достаточно высокими и могут представлять опасность для чувствительных растений, хотя эта опасность и уменьшается по мере удаления с юга на север Европы. Показатель, признанный в качестве принятого стандарта для защиты лесных деревьев от негативного воздействия озона [5, 8], очень часто и неоднократно превышает во многих районах, например в Австрии и Швейцарии, и особенно в Средиземноморье [7].

22. Прямое воздействие высоких концентраций озона на деревья было изучено в течение последних 30 лет в рамках многочисленных исследований, однако косвенные последствия постоянного нахождения под воздействием озона являются довольно непредсказуемыми. Например, часто наблюдаются такие явления, как раннее старение и преждевременная потеря листвы лиственными деревьями. Это, возможно, обусловлено нарушениями в подаче углерода, поскольку известно, что озон блокирует поступление углеводов из листвы в корни. В результате этого деревья могут и не обладать достаточными резервами энергии для весеннего роста. Кроме того, в случае поражения деревьев насекомыми их энергетические резервы еще больше сокращаются, что ведет к резкому снижению их жизнеспособности. Примеры такой деградации лесов наблюдались в горах Сан-Бернардино в Калифорнии и Сьерра вблизи Мехико, где деревья, после ослабления их жизнеспособности в результате воздействия озона, были поражены и уничтожены короедами.

23. Мороз, засуха, высокий уровень интенсивности света и содержания питательных веществ также являются факторами внешнего стресса, которые усиливают хроническую подверженность деревьев воздействию озона. Воздействие озона, как представляется, усиливается в случае недостаточности минеральных элементов в почве в результате подкисления. Высокий уровень осаднения азота может усугублять проблемы, обусловленные озоновым загрязнением, о чем свидетельствуют, например, проведенные недавно в Калифорнии обследования сосны желтой [3]. Аналогичные явления могут наблюдаться и в загрязненных районах Средиземноморья в региональном масштабе. Что касается средиземноморского климата, то информация о сухом осаднении является более важной, чем информация о мокром осаднении, однако на европейском уровне имеются лишь неполные наборы данных. Эта необходимая информация могла бы быть получена в будущем в рамках программы интенсивного мониторинга МСП-Леса. Также необходимо разработать методы для проведения согласованной оценки концентраций озона, превышения критических уровней и его воздействия на лесные экосистемы.

24. Кроме того, чрезвычайно важно осуществлять наблюдения за европейской лесной растительностью на предмет выявления воздействия озонового стресса, проявлением которого являются визуальные повреждения (естественные биопоказатели). Поскольку повреждения, обусловленные воздействием озона, являются довольно заметными и их симптомы можно зачастую спутать с симптомами воздействия других факторов стресса, например засухи, для точного выявления симптомов воздействия на естественную растительность необходим опыт профессионалов. С этой целью можно было бы проводить обычные стандартные инспекции отдельных участков в Европе. На основе полученных результатов можно было бы составить карты ущерба, который был нанесен деревьям в результате воздействия озона. Кроме того, на этих участках можно было бы проанализировать связи, существующие между "озоновой дозой" и ее последствиями. Для прогнозирования возможного экономического ущерба необходимо прежде всего располагать информацией о концентрациях озона и климатических факторах.

25. На участках, где концентрации озона являются более низкими, а визуальный ущерб, нанесенный естественной растительности, практически отсутствует, для оценки воздействия озона на леса можно было бы применять второй способ, а именно широкое использование в качестве индикаторов пород деревьев, особо подверженных воздействию озона, например черемухи поздней. Уже были проведены некоторые исследования по тополи [2].

26. Из всех проанализированных загрязнителей, которые присутствуют в отдаленных лесных районах, озон, как представляется, обладает самой высокой фитотоксичностью, о чем свидетельствуют показатели его концентрации и продолжительности воздействия. Поэтому имеются все основания полагать, что озон является одним из основных факторов наблюдаемой в настоящее время деградации лесов, особенно в южной части Европы.

III. СОСТОЯНИЕ КРОНЫ И КОМПЛЕКСНЫЕ ОЦЕНКИ (РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА УРОВНЕ I)

A. Динамика состояния кроны

27. Что касается динамики состояния основных пород деревьев в период после 1989 года, то общая тенденция к их деградации на участках уровня I, охваченных оценкой, стала еще более очевидной. Тем не менее тенденции, характеризующие состояние отдельных пород, не являются одинаковыми (см. диаграмму 6).

28. Начиная с 1989 года динамика состояния кроны ели обыкновенной характеризуется колебаниями. Состояние кроны сосны обыкновенной в течение последних несколько лет улучшилось. Особенно значительное улучшение было отмечено после 1992 года в некоторых районах Германии и Польши. Это объясняется благоприятными погодными условиями и сокращением уровня атмосферных осаджений.

29. В отличие от этих основных хвойных пород состояние обследованных деревьев дуба европейского, приморской сосны и в некоторой степени бука обыкновенного вызывает беспокойство. В течение последних лет состояние кроны деревьев этих пород резко ухудшилось; в 1998 году состояние кроны бука и дуба европейского впервые за многие годы было стабильным.

30. Тот факт, что состояние кроны в отдельные годы характеризуется некоторыми временными колебаниями, является обычным явлением, поскольку степень дефолиации зависит от большого числа естественных и антропогенных факторов стресса. Поэтому общая тенденция к ухудшению абсолютно не свидетельствует о том, что она обусловлена конкретными факторами стресса.

31. Считается, что воздействие естественных факторов стресса на леса является в долгосрочном плане сбалансированным и вызывает периодические изменения в состоянии кроны. Однако, поскольку результаты обследования деревьев на европейском уровне свидетельствуют о долговременной деградации лесов, можно предположить, что действуют дополнительные факторы стресса, например загрязнение воздуха или изменение климата,

которые оказывают постоянное негативное воздействие на жизнеспособность деревьев, причем на больших площадях.

В. Деградация насаждений дуба европейского и дуба скального

32. В 1998 году дуб европейский относился в Европе к наиболее пострадавшим породам деревьев (см. диаграмму 6). Однако последние изменения в состоянии кроны дуба европейского свидетельствуют о больших различиях между отдельными регионами (см. диаграмму 7). В субатлантическом регионе, в котором находится более половины всех постоянно обследуемых деревьев и который охватывает главным образом восточную часть Франции, Германию, Польшу, Австрию и западную часть Словакии, доля поврежденных дубов в течение почти всего периода обследования была, безусловно, выше, чем, например, в атлантическом (южном) регионе.

33. В 1998 году доля поврежденных дубов в субатлантическом регионе вновь резко возросла. Однако в атлантическом (южном) и горном (южном) регионах (последний не изображен на диаграмме) тенденция к ухудшению состояния кроны замедляется и, возможно, обратится вспять, о чем свидетельствуют положительные изменения, происшедшие в 1998 году. Эти регионы охватывают западную и южную часть Франции, северную часть Испании и Италию.

34. Такая динамика состояния кроны обусловлена главным образом региональными или даже более широкими колебаниями, в том что касается наличия насекомых, обуславливающих дефолиацию, и, как правило, не приводит к дальнейшей деградации и гибели деревьев. Это, возможно, вызвано дополнительным действием некоторых из вышеуказанных факторов. Деградации, как представляется, в большей степени подвержен дуб европейский, однако она также затронула дуб скальный.

35. Симптомами широкой деградации дубовых лесов являются изреживание и постепенное отмирание кроны, включая пожелтение и уменьшение размеров листьев, и образование пучкообразных скоплений листьев на конце голых стеблей. На стволах может наблюдаться некроз коры и гоммоз, что обусловлено, главным образом, воздействием жуков-древоточцев.

36. Результаты различных исследований показывают, что дефолиация в результате нашествия листоедов является одной из главных причин деградации дубовых лесов. Считается, что одним из основных факторов деградации является не единоразовая дефолиация, а дефолиация в течение двух или более лет [4,8]. Пагубное воздействие шелкопряда непарного (*Lymantria dispar*) начинает проявляться в конце весны. Поэтому считается, что этот ущерб имеет значительно более серьезные последствия, чем дефолиация ранней весной, вызванная воздействием листовертки дубовой (*Tortrix viridana*) и пяденицы зимней (*Operophtera brumata*). Воздействие насекомых-дефолиаторов может быть усилено в случае поражения новых побегов, которые формируются ранним летом, мучнистой росой [15,16].

37. В целом считается, что засуха являлась в течение последних нескольких десятилетий еще одним важным фактором деградации дубовых лесов. Это, в частности, касается многих европейских стран [3,17,14,22,10,11,18]. Жизнеспособность дуба в значительной степени зависит от режима почвенных вод. Усиление деградации насаждений дуба было особенно отмечено на гидроморфных участках [13,1,12,14]. На этих участках процесс укоренения в подпочве замедляется, что ведет к усилению стресса, обусловленного воздействием засухи в сухие периоды вегетационного сезона [13,19,20].

38. Еще одной причиной деградации дубовых лесов в Европе являются сильные морозы зимой, которые, возможно, обусловили усиление деградации в 80-е годы [2,7,10,14].

39. На большинстве участков древоточцы (*Agrius spp.*), личинки которых могут кольцевать стебли, являются одним из ранних и наиболее важных вторичных организмов [5,6,7,8].

40. В последние годы грибы вида *Phytophthora*, которые вызывают корневую гниль, были изолированы от дубовых лесов в центральной и восточной Европе [9], однако не ясно, играют ли они важную роль в контексте деградации насаждений дуба [6]. В числе других видов грибов следует назвать *Armillaria spp.*, среди которых наиболее часто встречаются виды с низкой патогенностью (*A. gallica*), поражающие деревья на заключительном этапе деградации, а не патогенные виды (*A. ostoyae*, *A. mellea*).

41. Загрязнители воздуха, в частности продолжающиеся осадения азота, рассматриваются в качестве фактора риска для стабильности экосистемы. Воздействие озона в контексте деградации дубовых лесов стало изучаться лишь недавно.

42. Только в чрезвычайно экстремальных условиях деградацию дубовых лесов можно объяснить действием лишь одного из указанных выше факторов. В большинстве случаев эти факторы действуют последовательно, одновременно, взаимноусиливающе или кумулятивно, в связи с чем объяснить процесс деградации конкретных насаждений или даже деревьев весьма трудно. Поэтому очевидно, что для уточнения комплексных причин деградации дубовых лесов в Европе необходимы дополнительные интенсивные исследования. Этими исследованиями следует, помимо прочего, охватить дуб каменный и дуб пробковый, поскольку эти породы также подвержены деградации.

С. Комплексные исследования

43. С целью выявления факторов, влияющих на состояние кроны, в рамках комплексных исследований проводится оценка и обобщение данных различных обследований, проведенных на идентичных участках. Хотя такого рода национальные и региональные исследования уже имеются (например [1-5]), на транснациональном уровне такой анализ стал проводиться лишь недавно. В настоящем разделе представлены первые результаты двух комплексных исследований.

1. Анализ воздействия на состояние кроны в экспериментальных районах

44. В рамках первого комплексного исследования в отношении данных по дефолиации, почве и листе, полученных на уровне I, применяются различные статистические методы. С целью охвата регионов с однородными условиями были отобраны два транснациональных экспериментальных района. К району 1 относятся низменности во Фландрии, Нидерландах и северо-западной части Германии. Район 2 представляет собой холмистые и горные районы в южной части Саксонии (Германия), северной части Чешской Республики и юго-западной части Силезии (Польша). Границы обоих районов были определены таким образом, чтобы исключить участки, расположенные на известковых материнских породах, и охватить лишь те участки, которые представляют собой кислые или очень кислые почвы.

45. Первые результаты:

а) средние показатели дефолиации в отдельных странах являются весьма неодинаковыми. Это частично обусловлено использованием различных стандартов. Эти различия можно свести к минимуму математическим путем;

б) после корректировки данных с учетом эффекта "национальных особенностей" наиболее очевидным становится воздействие возраста, т.е. крона более старых деревьев в большей степени подвержена дефолиации, чем крона более молодых деревьев (см. диаграмму 8);

с) показатели дефолиации сосны значительно коррелируют с показателями дефолиации за предыдущие годы. Эта корреляция уменьшается с весьма существенной в предыдущем году до незначительной после двух-четырех лет. Эти результаты в определенной степени свидетельствуют о временном характере высокого и низкого уровня дефолиации;

д) уровень дефолиации сосны обыкновенной в районе 1 значительно возрастает по мере сокращения содержания катионов обменных оснований и уменьшения катионной обменной способности верхнего минерального слоя почвы. Это означает, что повышение кислотности почвы приводит к ухудшению состояния кроны;

е) в районе 2 уровень дефолиации сосны обыкновенной возрастает по мере увеличения высоты над уровнем моря и сокращается по мере уменьшения веса органического слоя.

2. Моделирование воздействия загрязнения воздуха и погодных условий

46. На экспериментальном этапе второго исследования данные о дефолиации, полученные на участках уровня I в Европе, были скоррелированы с оценками температурного и водного стресса и загрязнения воздуха (концентрация и уровни осаждения соединений серы и азота, а также озона), составленными на основе модели конкретных лесорастительных условий. Основная цель состояла в понимании воздействия загрязнения воздуха в

сравнении с естественными метеорологическими факторами стресса при различных комбинациях характеристик насаждений и лесорастительных условий. Этим исследованием были охвачены лишь наиболее известные и распространенные породы деревьев, включая сосну обыкновенную, ель обыкновенную, некоторые породы дуба, а также бук обыкновенный. На отобранные породы приходится более двух третей всех деревьев.

47. Существенные отклонения в показателях дефолиации в приграничных районах, которые обусловлены применением различных стандартов, были включены в статистический анализ с учетом так называемого эффекта "национальных особенностей".

48. Помимо "национальных особенностей" и возраста, стресс, вызванный засухой (коэффициент транспирации), и различные переменные загрязнения воздуха также являются важными независимыми переменными, влияющими на состояние кроны. За счет этих факторов можно объяснить 37-55% колебаний в состоянии кроны четырех основных пород деревьев. Модель воздействия засухи на сосну обыкновенную показана на диаграмме 9.

49. Модель воздействия озона на бук с использованием АOT60 1/ показана на диаграмме 10. Эта диаграмма свидетельствует о том, что дефолиация бука вне всяких сомнений, обусловлена воздействием озона. Аналогичные связи были выявлены и в отношении других лиственных пород.

50. Первые результаты:

а) стресс, вызванный засухой, модель которого была построена с учетом коэффициента транспирации, совпадает по времени с увеличением степени дефолиации сосны обыкновенной;

б) представляется, что высокие концентрации озона влияют на дефолиацию деревьев лиственных пород.

51. Перспективы: Результаты экспериментального исследования являются ограниченными в связи с:

а) изменениями в показателях дефолиации в приграничных районах, которые обусловлены методологическими различиями;

б) недостаточной надежностью оценок различных факторов стресса для конкретных лесорастительных условий;

с) упрощениями в статистической модели;

1/ Аккумулированное количество часов, в течение которых концентрации озона в вегетационный период превышали 60 частей на миллиард.

- d) отсутствием данных о других соответствующих факторах стресса.

С целью улучшения результатов и преодоления вышеупомянутых недостатков в настоящее время проводятся углубленные исследования.

IV. ВЫВОДЫ

52. За 13 лет своего существования система совместного мониторинга состояния лесов ЕЭК ООН и ЕС превратилась в одну из самых крупных в мире систем биомониторинга. На европейском уровне проводятся оценки пространственных и временных колебаний в состоянии кроны, а дополнительные данные по почве и листве, получаемые на тех же участках, позволяют проводить комплексные исследования с учетом воздействия различных экологических факторов. На экосистемном уровне интенсивный мониторинг способствует пониманию процессов, происходящих в условиях воздействия загрязнения воздуха и других факторов стресса.

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

- a) с 1988 года наблюдается устойчивая тенденция к увеличению степени дефолиации основных пород деревьев;
- b) наиболее резко возросла степень дефолиации сосны приморской, дуба каменного и дуба европейского, при этом уровень дефолиации дуба европейского является в настоящее время самым высоким;
- c) сосна обыкновенная и дуб каменный лишь недавно восстановили свою жизнеспособность после деградации, наблюдавшейся в предыдущие годы;
- d) состояние лесных почв в Европе вызывает беспокойство в связи с расширением масштабов их подкисления;
- e) почвы с чрезвычайно высоким уровнем кислотности находятся главным образом в центральной Европе, т.е. в регионе, где наблюдается, помимо прочего, самый высокий уровень загрязнения воздуха и дефолиации деревьев.

54. Наблюдаемая дефолиация обусловлена главным образом воздействием естественных факторов стресса, как-то патогены и погодные условия. Однако сохраняющаяся тенденция к увеличению степени дефолиации свидетельствует, как представляется, о том, что ухудшение состояния лесов объясняется не только воздействием естественных факторов стресса. Районы с наиболее высокими показателями осадений и дефолиации в Европе совпадают. Хотя распознать причины изменений, происходящих в состоянии кроны в широких масштабах, весьма трудно, комплексные исследования показывают, что, помимо возраста деревьев и высоты участков над уровнем моря, на состоянии кроны также сказываются засуха, воздействие озона и в некоторой степени химический состав почвы.

55. С целью более всестороннего изучения факторов, влияющих на лесные экосистемы, в настоящее время проводятся измерения осаджений. Их результаты показывают, что:

а) показатель кислотных осаджений на приблизительно 15% участков, расположенных в центральной и восточной Европе, превышает пороговый уровень, после прохождения которого лесные экосистемы могут испытывать на себе негативное воздействие;

б) средний объем осаджения азота (N) приблизительно в два раза превышает соответствующий показатель по сере (S). В целом сера преобладает в осаджениях в центральной и восточной Европе, а азот - в западной Европе.

56. Атмосферные осаджения оказывают прямое воздействие на состояние лесных экосистем. Результаты исследований показывают, что:

а) колебания в концентрациях основных химических элементов могут быть объяснены различиями в показателях атмосферных осаджений и в меньшей степени изменениями в метеорологических условиях и химическом составе почвы;

б) в результате кислотных осаджений серы и азота может высвобождаться токсичный алюминий. Согласно данным мониторинга, уровень содержания алюминия, который считается приемлемым с точки зрения жизнеспособности деревьев, был превышен на приблизительно 10-15% участков.

57. Ввиду комплексного характера процессов, происходящих в лесных экосистемах, приоритетными направлениями деятельности являются продолжение мониторинга на уровне II и анализ получаемых данных, включая расчеты критических нагрузок осаджений. Приоритетным направлением работы также является продолжение мониторинга состояния кроны, почвы и листвы на уровне I с целью отслеживания динамики состояния лесов в широких масштабах. Необходимо продолжить комплексные оценки данных, получаемых на уровне I, с целью анализа воздействия загрязнения воздуха и других факторов стресса на леса в широких масштабах. Кроме того, результаты первоначального анализа, проведенного в рамках программы, показывают, как процессы, выявленные на уровне экосистем (уровень II), могут быть экстраполированы в более крупном масштабе с помощью данных, полученных на уровне I.

58. Поскольку концентрации озона во многих случаях превышают критические уровни, негативные последствия чего для деревьев особенно видны в южной части Европы, необходимо интенсифицировать деятельность в области анализа воздействия озона.

59. Результаты проводившегося на протяжении 13 лет мониторинга состояния лесов послужили вкладом в осуществление европейскими странами политики в области борьбы с загрязнением воздуха в соответствии с Конвенцией о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Одна из задач на будущее состоит в сопоставлении результатов, полученных в рамках аналогичных программ, организации обмена такой информацией и развитии научного сотрудничества с другими организациями. Всесторонняя оценка данных, которыми будут обмениваться эти организации, позволит повысить качество анализа и снабдить различные директивные органы полезной и необходимой информацией.

V. ССЫЛКИ

Глава II С:

- [1] Bussotti, F. and Ferretti, M. 1998. Environmental Pollution 101: 49-65.
- [2] Bucker, J., Guderian, R. and Mooi, J. 1993. WASP 66: 193-201.
- [3] Bytnerowicz, A. and Fern, M. 1996. Environmental Pollution 92: 127-146.
- [4] Kärenlampi, L. and Skärby, L. (Eds) 1996. Critical levels for ozone in Europe: Testing and finalizing the concept. UN ECE Workshop Report, Kuopio, Finland.
- [5] Krause, G.H.M., Arndt, U. Brandt, C.J., Bucher, J., Kenk, G. and Matzner, F. 1986. Water Air and Soil Pollution 31: 647-668.
- [6] Krupa, S.V., Tonneijck, A.E.G. and Manning, W. 1998. In: Flugler, R.B. (ed.): Recognition of air pollution injury to vegetation. Air & Waste Management Association. p.2.1-9.
- [7] Sanz, M.J. and Milan, M. 1999. Problems in forest in ameliorating countries. IUFRO report in press.
- [8] Skärby, L., Ro-Poulsen, H., Wellburn, F.A.M. and Sheppard, L.J. 1998. New Phytol. 139: 109-122.

Глава III В:

- [1] Ackermann, J. & Hartmann, G. 1992. Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Luftbildern aus den Jahren 1988/89. Forst und Holz 47: 452-460.
- [2] Balder, H. 1992. Europaweite Eichenschäden durch Frost. Allg. Forst Z. 47: 747-752.
- [3] Donita, N., Alexe, A. & Toader, T. 1993. Forstökologische Untersuchungen über die Eichenerkrankungen in Rumänien. In: Bayerische Akademie der Wissenschaften (Ed.): Zustand und Gefährdung der Laubwälder, pp. 91-96. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 5. Verlag Dr. F. Pfeil, München.
- [4] Fischer, R. 1999. Folgen von Insektenfraß für den Gesundheitszustand der Eichen. Allg. Forst Z. 7/99: 355-356.
- [5] Gibbs, J.N. & Greig, J.W. 1997. Biotic and abiotic factors affecting the dying back of pedunculate oak *Quercus robur* L. Forestry 70: 399-406.
- [6] Hartmann, G. 1996. Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland - Versuch einer Synthese bisheriger Befunde. Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem 318: 125-151.
- [7] Hartmann, G. & Blank, R. 1992. Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz 47: 443-452.

- [8] Hartmann, G. & Blank, R. 1998. Eichensterben in Niedersachsen - Ursachen und Gegenmaßnahmen. In: Die Situation der Eiche in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. Statusbericht zu einem Workshop am 19. Mai 1998 in Arnsberg, pp 39-44. Recklinghausen.
- [9] Jung, T., Blaschke, H. & Neumann, P. 1996. Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. Eur. J. For. Path. 26: 253-272.
- [10] Landmann, G., Becker, M., Delatour, C., Dreyer, E. & Dupouey, J.-L. 1993. Oak dieback in France: historical and recent records, possible causes, current investigations. In: Bayerische Akademie der Wissenschaften (Ed.): Zustand und Gefährdung der Laubwälder, pp. 97-113. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 5. Verlag Dr. F. Pfeil, München.
- [11] Mather, R.A., Freer-Smith, P.H. & Savill, P.S. 1995. Analysis of the changes in forest condition in Britain 1989 to 1992. Forestry Commission Bulletin No. 116. HMSO Publications Centre, London.
- [12] Nageleisen, L.-M. 1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France. Rev. For. Franç. 45: 605-620.
- [13] Costerbaan, A. 1991. Investigations on oak decline in the Netherlands (1986-1990). In: Siwecki, R. & Liese, W. (Eds.): Oak Decline in Europe, pp. 61-67. Proc. Intern. Symp., Kornik/Poland, May 15-18, 1990. Poznan.
- [14] Rösel, K. & Reuther, M. (Eds.) 1995. Differentialdiagnostik der Schäden an Eichen in den Donauländern. Schlussbericht. GSF-Bericht 11/95. GSF, Neuherberg.
- [15] Schlag, M.G. 1994. Das europäische „Eichensterben“ und seine Ursachen - von einem phytopathologischen Standpunkt aus gesehen. Centralbl. ges. Forstwes. 111: 243-266.
- [16] Seemann, D. 1996. Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. In: Ministerium für Ländlichen Raum Baden-Württ. (Hrsg.) Waldwirtschaft und Waldökologie. Agrarforschung. Bd. 26. Ulmer. Stuttgart.
- [17] Siwecki, R. 1989. A decline of oak forests caused by abiotic and biotic factors and attempts at biological research in this syndrome. Arbor. Kornickie 34: 161-169.
- [18] Sousa Santos, M.N.D. & Moura Martins, A.M. 1993. Cork oak decline. Notes regarding damage and incidence of *Hypoxylon mediterraneum*. In: Luisi, N.; Lerario, P.; Vannini, A. (Eds.): Recent Advances in Studies on Oak Decline, pp. 115-121. Proc. Internatl. Congr., Selva di Fasano (Brindisi)/Italy, Sept. 13-18, 1992. Dipartimento di Patologia vegetale, Università degli Studi, Bari.
- [19] Thomas, F.M. & Hartmann, G. 1996. Soil and tree water relations in mature oak stands of northern Germany differing in the degree of decline. Ann. Sci. For. 53: 697-720.

- [20] Thomas, F.M. & Hartmann, G. 1998. Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* [Matt.] Liebl.). Plant & Soil (in press).
- [21] Tyree, M.T. & Cochard, H. 1996. Summer and winter embolism in oak: impact on water relations. Ann. Sci. For. 53: 173-180.
- [22] Vannini, A., Valentini, R. & Luisi, N. 1996. Impact of drought and *Hypoxylon mediterraneum* on oak decline in the Mediterranean region. Ann. Sci. For. 53: 753-760.

Глава III C:

- [1] 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 Standortsfaktoren. Forschungsber. Hess. Forstl. Versuchsanstalt 10, 190 p.
- [2] 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.
- [3] Riek, W., Wolff, B., 1998: Integrierende Auswertung bundesweiter Waldzustandsdaten. Arbeitsbericht Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung Eberswalde. 84 p., not published
- [4] Nellesmann, C., Frogner, T., 1994: Spatial patterns of spruce defoliation: relation to acid deposition, critical loads, and natural growth conditions in Norway. Ambio 23: 255-259.
- [5] 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.

Примечание: Ссылки, таблицы и диаграммы воспроизводятся в том виде, в котором они были получены.

Таблица 1. Обследования, проведенные на уровне I и уровне II

Проведенные обследования	Уровень I	Уровень II	
		ежегодно	все участки
Состояние кроны	ежегодно	ежегодно	все участки
Состояние листвы	на сегодняшний день одно обследование	каждые 2 года	все участки
Химический состав почвы	на сегодняшний день одно обследование	каждые 10 лет	все участки
Химический состав почвенного раствора	-	постоянно	> 10% участков
Прирост деревьев	-	каждые пять лет	все участки
Напочвенный растительный покров	-	каждые пять лет	> 10% участков
Атмосферные осаджения	-	постоянно	> 10% участков
Метеорологические условия	-	постоянно	> 10% участков
Фенология	-	в процессе обсуждения	
Дистанционное зондирование	-	в процессе обсуждения	

Таблица 2. Процентная доля наблюдений с указанием показателей концентраций NO_3 и соотношения $\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K})$ в верхнем минеральном слое почвы и подпочве в разбивке по различным классам

NO_3			$\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K})$		
класс концентрации ($\text{ммоль}_{\text{конц.}}/\text{м}^3$)	% верхний слой почвы (число = 84)	% подпочва (число = 89)	класс соотношения ($\text{ммоль}_{\text{конц.}}/\text{м}^3$)	% верхний слой почвы (число = 83)	% подпочва (число = 112)
< 100	51	56	< 0,5	67	63
100-800	23	26	0,5-1,0	22	20
> 800	26	18	> 1,0 <u>1/</u>	11	17

1/ Что касается соотношения Al/Ca , то процентная доля наблюдений, в рамках которых был превышен критический показатель в 1,0, составила 45% в верхнем слое почвы и 46% подпочве.

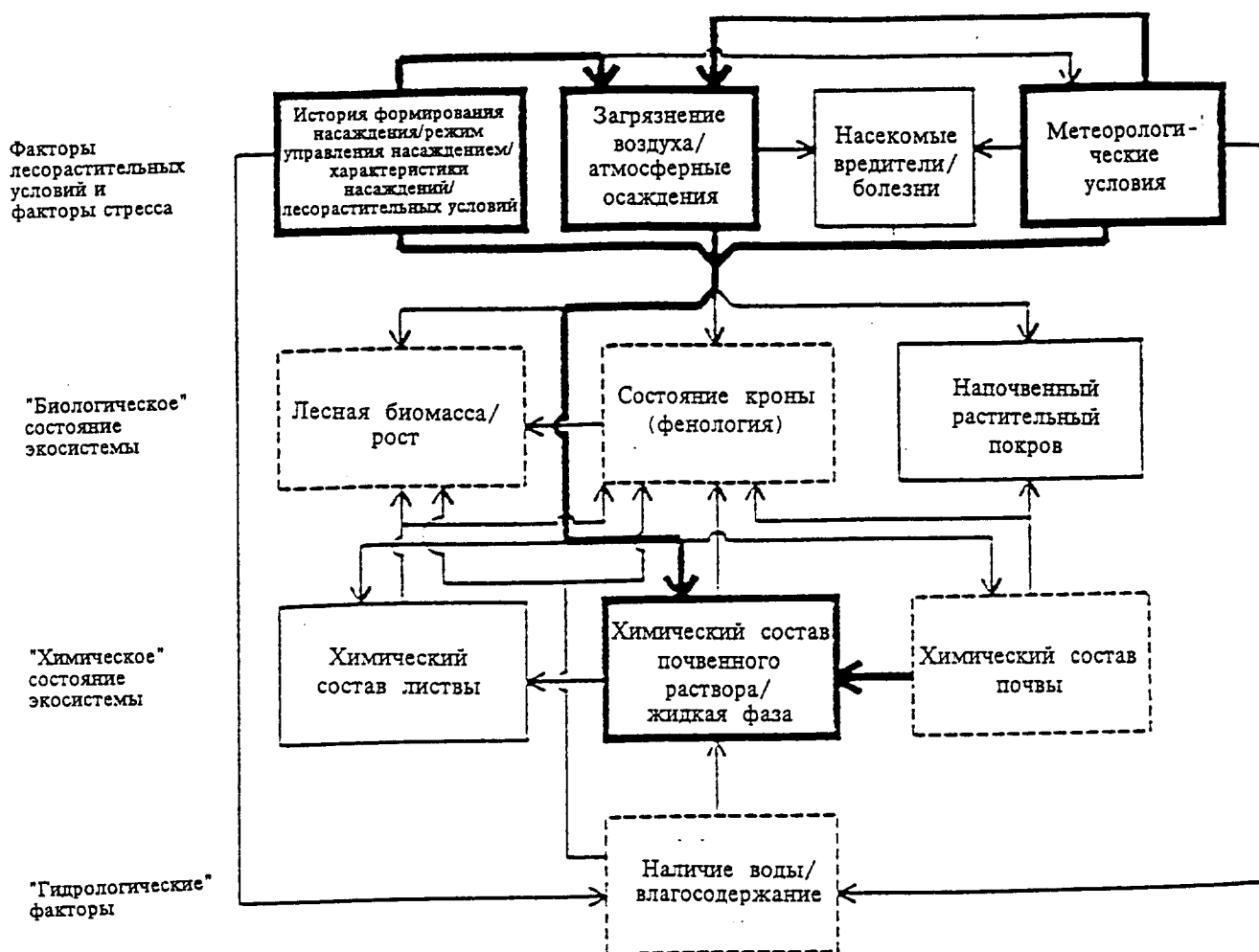


Диаграмма 1. Блок-схема, иллюстрирующая связи, которые существуют между факторами условий произрастания леса, факторами стресса и состоянием лесных экосистем. Факторам и связям, которым соответствуют выделенные жирным шрифтом блоки и стрелки, в докладе за этот год было уделено особое внимание.

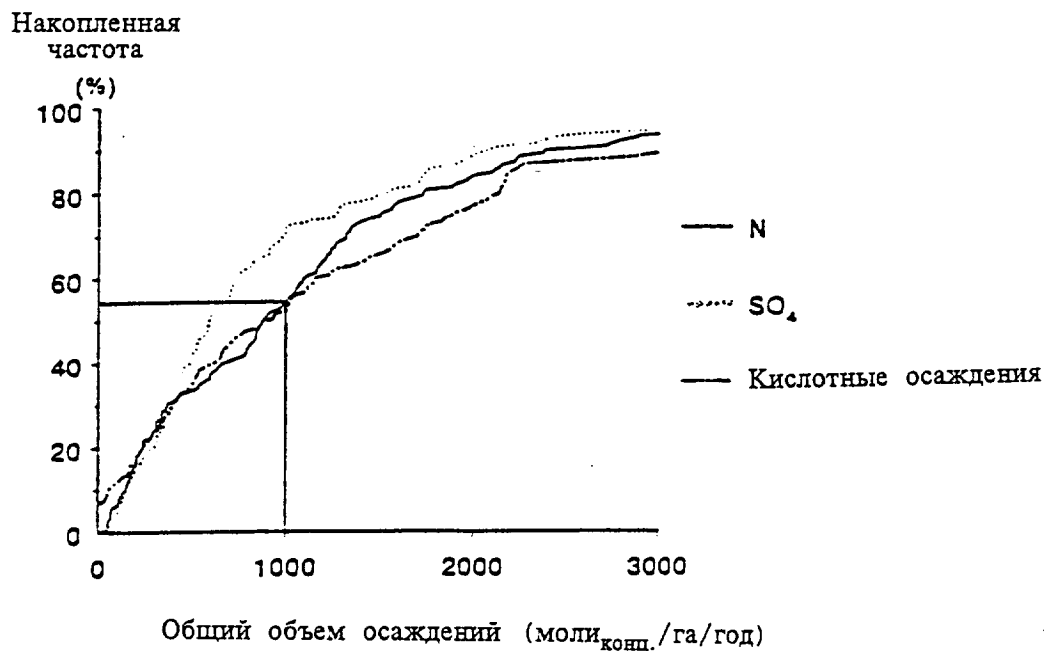


Диаграмма 2. Распределение накопленных частот общего объема кислотных осаджений S и N на 144 участках интенсивного мониторинга.

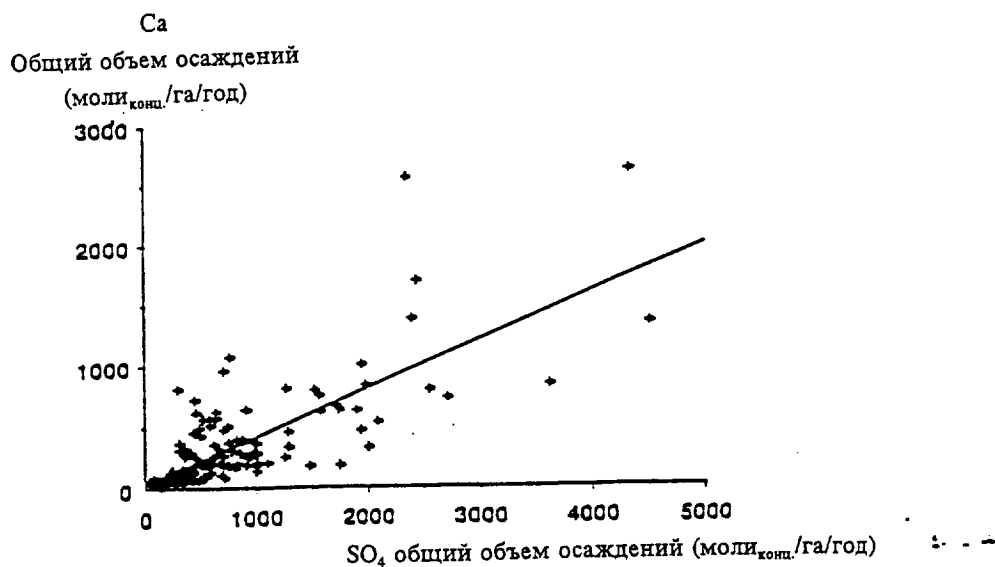


Диаграмма 3. Соотношение ежегодных показателей содержания Ca и SO₄ в общем объеме осаджений (144 участка)

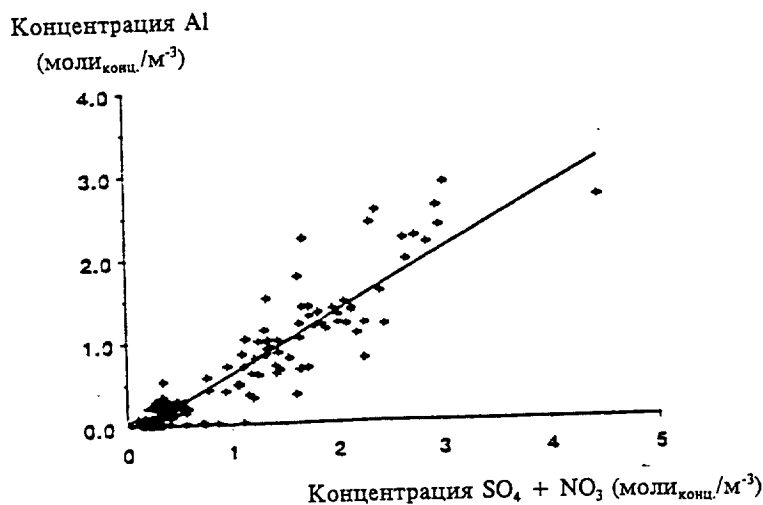


Диаграмма 4. Соотношение концентраций Al и SO₄+NO₃ в подпочве (159 измерений) участков интенсивного мониторинга с показателем pH < 4.5

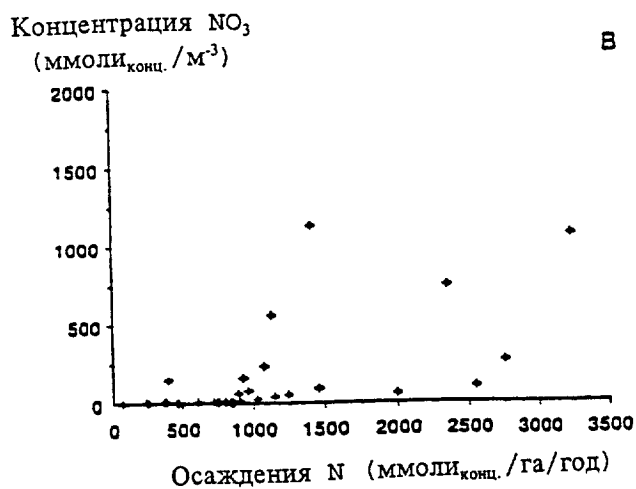
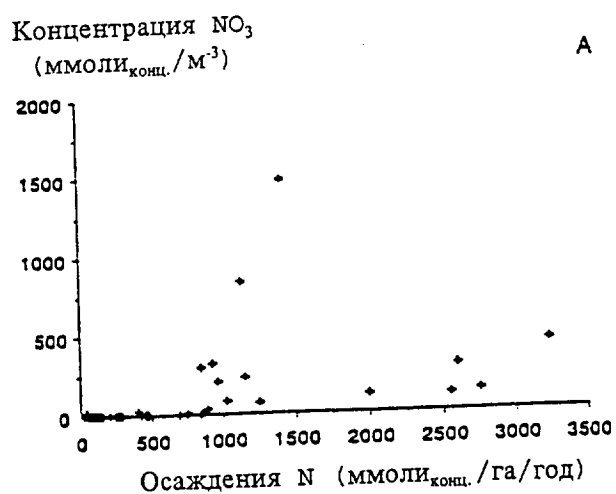


Диаграмма 5. Соотношение осадения N и концентрации NO₃ в верхнем слое почвы (А) и подпочве (В) на 50 участках интенсивного мониторинга, по которым имеются данные измерений почвенного раствора и объема осадений.

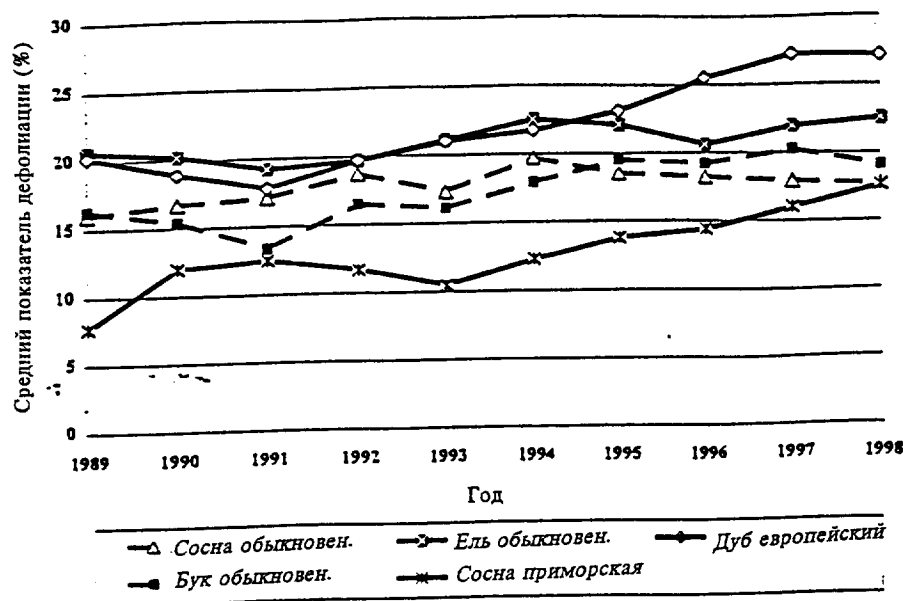


Диаграмма 6. Динамика средних показателей дефолиации основных пород деревьев в Европе.

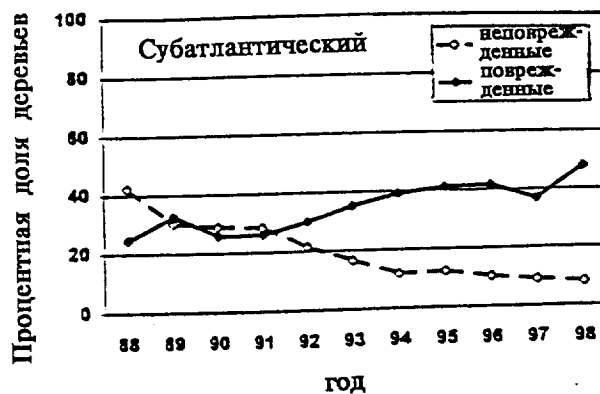
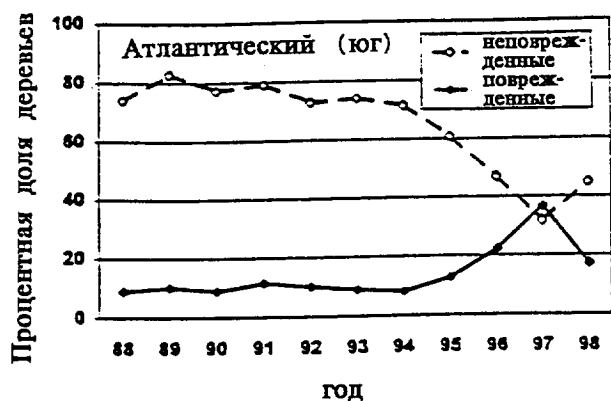


Диаграмма 7. Динамика показателей процентной доли поврежденных (дефолиация > 25%) и неповрежденных (дефолиация 0-10%) деревьев дуба европейского в различных регионах Европы.

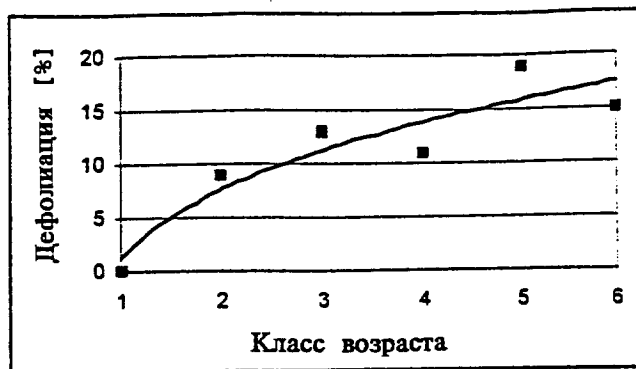


Диаграмма 8. Возрастной тренд *Pinus sylvestris* в экспериментальном районе I за 1997 год; каждый 50-й перцентиль дефолиации нанесен напротив соответствующего класса возраста. Эффект "национальных особенностей" за этот год был заранее сведен к минимуму математическим путем; каждый класс возраста составляет 20 лет.

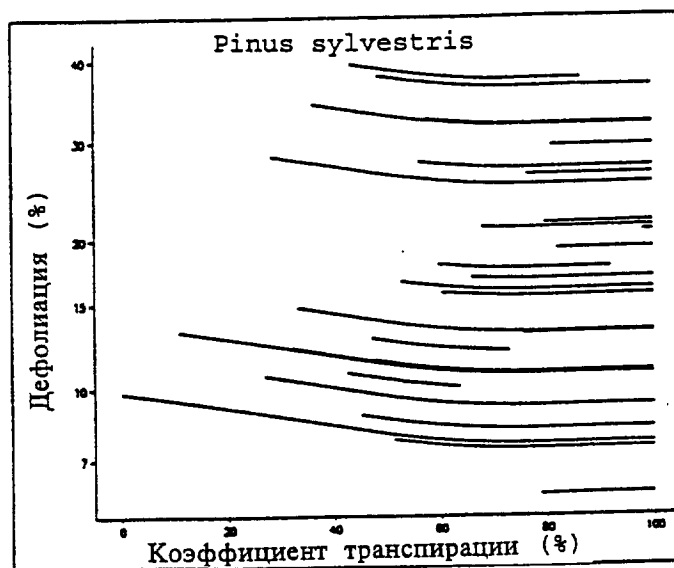


Диаграмма 9. Зависимость степени дефолиации сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) от смоделированного коэффициента транспирации (засухи); каждая линия соответствует определенной стране

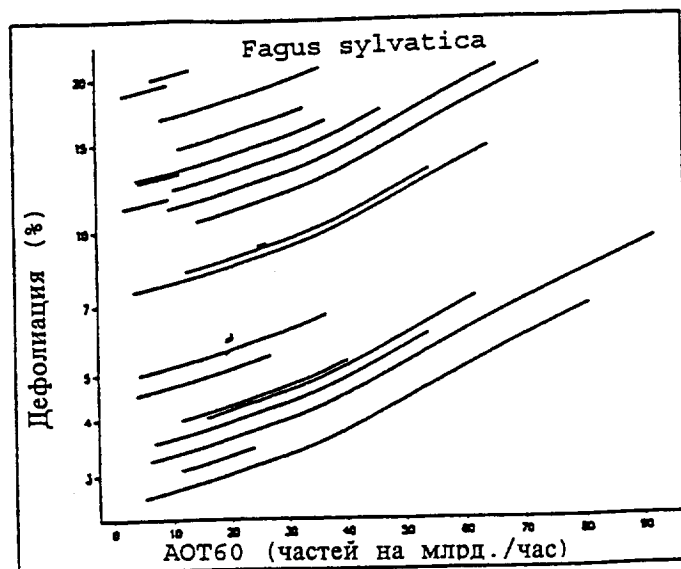


Диаграмма 10. Зависимость степени дефолиации бука обыкновенного (*Fagus sylvatica*) от смоделированной величины воздействия озона; каждая линия соответствует отдельной стране