



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.
GENERAL

EB.AIR/WG.1/2001/7
20 June 2001

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ПО КОНВЕНЦИИ
О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Рабочая группа по воздействию
(Двадцатая сессия, Женева, 29-31 августа 2001 года)
Пункт 4 b) предварительной повестки дня

ОЦЕНКА ТРЕНДОВ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АЗОТА НА КОНТРОЛЬНЫХ
УЧАСТКАХ МСП ПО ВОДАМ (ЕВРОПА И СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА)

Технический доклад, подготовленный Центром по осуществлению
Международной совместной программы по оценке и мониторингу
подкисления рек и озер (МСП по водам)

Введение

1. В течение XX века обширные районы Европы характеризовались повышенным уровнем осаждения соединений азота. В начале века в Европе резко возросли выбросы окислов азота (N) в результате сжигания ископаемого топлива и выбросы восстановленных соединений азота в результате сельскохозяйственной деятельности, объем которых достиг пикового уровня приблизительно в 1980 году. В последующий период в большинстве стран уровень выбросов стабилизировался и затем несколько снизился (Tarrason and Schaug, 2000).

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.

2. Избыточное осаждение азота уже давно рассматривается как угроза для баланса питательных веществ и здоровья лесов и полустественных земных экосистем. Как правило, азот в этих экосистемах выступает в роли биогенного вещества, ограничивающего рост. Хроническое превышение уровня осаждения азота может привести к азотному насыщению, которое Абер и др. (1989 год) определяют как "наличие аммония и NO_3 сверх общей совокупной питательной потребности растений и микробов". Согласно этому определению, азотное насыщение проявляется как повышенное выщелачивание неорганического азота (главным образом NO_3) из прикорневой зоны. Поскольку NO_3 представляет собой сильный кислотный анион, повышенное выщелачивание NO_3 еще более подкисляет почву и поверхностные воды. Таким образом, повышенные значения концентрации неорганического азота в стоке (водотоках) указывают на азотное насыщение экосистем водосборного бассейна, разумеется, при условии отсутствия в данном водосборном бассейне крупных источников азота (например, удобрения, городские и промышленные сточные воды).

3. В последнее время, наконец, заслуженное внимание было обращено на роль в подкислении поверхностных вод NO_3 , особенно в связи с уменьшением влияния SO_4 . Результаты, полученные МСП по водам, показывают, что значительное снижение концентрации SO_4 на контрольных участках в Европе и Северной Америке может объясняться уменьшением осаждения серы благодаря успешному применению мер по сокращению выбросов (Stoddard *et al.*, 1999; Skjelkvåle *et al.*, 2000). Данные по многим водосборным бассейнам указывают на повышение концентрации NO_3^- в 80-е годы и ее снижение в 90-е годы (Lükewille *et al.*, 1997). Это явление нельзя объяснить характером осаждения или иными изменениями в водосборных бассейнах, такими, как присутствие точечных источников, сельскохозяйственная деятельность или вырубка леса или лесные пожары. Следовательно, зависимость "доза-ответная реакция" для азота является значительно более сложной, чем для серы (S). Колебания уровня осаждения азота могут не всегда быть напрямую связаны с изменениями выщелачивания NO_3 . "Азотный статус" экосистемы или изменения в нем, как представляется, являются важным показателем азотного насыщения.

4. Первые сообщения о повышении концентрации NO_3^- в стоке появились в 80-х годах. По итогам проведения обследования "Тысячи озер" в Норвегии в 1986 году было выявлено, что уровень концентрации NO_3^- в ряде районов южной части Норвегии возрос со времени обследования 1974/75 года почти вдвое (Henriksen and Brakke, 1988). Тенденции к повышению концентрации NO_3^- были также выявлены в ходе реализации проекта долгосрочного мониторинга Агентством по охране окружающей среды Соединенных Штатов (ЭПА). В период 1982-1990 годов в 9 из 15 проточных озер в районе Адирондакских гор, за которыми ведется наблюдение, было отмечено повышение

концентрации NO_3^- в диапазоне от 0,5 до 2,0 мкэкв/л/год (Driscoll and van Dreason, 1993). Кроме того, в период 1983-1989 годов в пяти из восьми рек в районе Кетскилл было зафиксировано резкое увеличение концентрации NO_3^- в диапазоне от 1,3 до почти 3 мкэкв/л/год (Murdoch and Stoddard, 1993). Эти тенденции в значительной степени сошли на нет в 90-е годы (Stoddard *et al.*, 1998) - явление, которое также прослеживается по данным многих контрольных участков МСП по водам. Даже если значение концентрации NO_3^- остается относительно стабильным, вымывание NO_3^- из лесных водосборных бассейнов будет иметь эффект удаления основных катионов из почвы и активации ионов алюминия и H^+ , что способствует подкислению водосбора.

5. Цель данного доклада заключается в предоставлении свежей информации (с момента проведения оценки Lükewille *et al.*, 1997) об уровне концентрации NO_3^- в поверхностных водах на контрольных участках МСП по водам в Европе и Северной Америке, а также в осуществлении более подробной оценки тенденций содержания азота в поверхностных водах в субрегионах в порядке осуществления мер, намеченных в докладе МСП по водам за двенадцатилетний период (Skjelkvåle *et al.*, 2000), а также в увязывании этих результатов с тенденциями осаждения азота.

I. МЕТОДЫ И ОТБОР КОНТРОЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

6. Данные о состоянии поверхностных вод в данном докладе взяты из МСП по водам, а данные об осаждении - из Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе (ЕМЕП).

7. Данные МСП по водам были получены с 204 контрольных участков в Европе (Австрия, Беларусь, Венгрия, Германия, Ирландия, Испания, Италия, Латвия, Норвегия, Польша, Румыния, Российская Федерация, Соединенное Королевство, Финляндия, Франция, Чешская Республика, Швейцария, Швеция и Эстония) и Северной Америке (Канада и Соединенные Штаты). Все контрольные участки были отобраны в соответствии с Руководством по программе (Норвежский институт по исследованию водных ресурсов, 1996 год), чтобы повысить степень репрезентативности чувствительных к кислотности районов в каждой стране. В соответствии с этими критериями контрольными участками являются озера и реки в верховье водосборного бассейна, не подверженные загрязнению из местных источников. Частотность пробоотбора варьируется, однако для всех контрольных участков, результаты с которых приводятся в данном докладе, пробы отбирались как минимум из летнего/осеннего базового стока и весеннего стока.

8. Уровень концентрации NO_3 , сообщаемый МСП по водам, измеряется с использованием различных аналитических методов. Ежегодные сопоставления методов, проводимые МСП по водам (Novind, 2000) с использованием контрольных проб известной концентрации, указывают на высокую степень согласования между всеми участвующими лабораториями в разных странах. Данные, использованные для оценки азотного статуса, относятся к 1998 и 1999 годам; данные по трендам относятся к 1989-1998 годам.

9. Данные в базе данных МСП по водам иллюстрируют проблему, связанную с крупными международными базами данных, основанными на принципе добровольных взносов. Даже если в программе имеется практическое руководство и перед внесением данных в базу данных в Центре программы МСП по водам они тщательно проверяются, имеется целый ряд контрольных участков, которые не предоставляют достаточных данных для проведения всех типов анализа. В пояснительном тексте к рисункам часто указывается количество контрольных участков, данные с которых использовались в каждом конкретном анализе.

10. Для оценки этапов азотного насыщения использовались те же критерии отбора контрольных участков, что и в исследовании Стоддарда и Трааена (1995 год) (Stoddard and Traaen (1995)), в частности необходимость наличия как минимум трех проб за 1998 год, и их распределение по сезонам. Для оценки трендов использовались те же критерии отбора контрольных участков, что и в докладе за 12-летний период (Skjelkvåle et al., 2000), а именно необходимость как минимум двух проб за год, а также наличие данных не менее, чем за семь лет из десяти периода 1989-1998 годов.

11. Все данные об осаждении ЕМЕП, использованные в докладе, были представлены Метеорологическим синтезирующим центром - Запад (МСЦ-3) и Химическим координационным центром (КХЦ). Данные об осаждении ЕМЕП охватывают лишь контрольные участки в Европе. Данные представляют собой i) результаты измерения осаждения на станциях ЕМЕП, расположенных в том же районе, что и контрольные участки на реках (Barrett et al., 2000a); и ii) результаты моделирования осаждения по странам (Tarrason and Schaug, 2000). Данные моделированного осаждения в Европе были рассчитаны по сетке с ячейкой 50 км x 50 км. В модели используются расчетные уровни годовых выбросов и фактические метеорологические данные за каждый год для расчета мокрого и сухого осаждения соединений серы, окисленного азота и восстановленного азота.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ

A. Нитрат в стоке

12. Около трети контрольных участков МСП по водам (расположенных главным образом в странах Северной Европы, Ирландии, Канаде и Соединенных Штатах) имеют среднегодовое значение концентрации NO_3^- ниже 5 мкэкв/л. Более чем на половине контрольных участков значение концентрации NO_3 превышает 10 мкэкв/л. Из-за эпизодического характера динамики концентрации NO_3 на многих контрольных участках NO_3 зачастую играет более важную роль в процессах подкисления, чем это видно из средних значений. На 14% контрольных участках, главным образом в Германии, Латвии, Эстонии, Италии, Чешской Республике, Беларуси и Венгрии, средние значения концентрации превышают 50 мкэкв/л. В целом эти результаты показывают, что на многих контрольных участках МСП по водам измеренные значения концентрации NO_3 превышают уровни, которые могли бы ожидаться в водосборных бассейнах, не подверженных воздействию осаждения N (Stoddard, 1994). Хотя все контрольные участки в каждой стране - это участки, испытывающие наименьшее воздействие, тем не менее наиболее высокие зарегистрированные концентрации NO_3 на ряде участков могут быть связаны с влиянием сельского хозяйства.

13. Использование невзвешенных средних значений может приводить к недооценке фактических среднегодовых значений, особенно в водосборных бассейнах с мощным весенним паводком. В этой связи результаты для контрольных участков МСП по водам следует рассматривать как осторожные оценки средних значений концентрации NO_3 .

14. Частотное распределение значений концентрации NO_3 является приблизительно одинаковым для 150 контрольных участков с данными за 1990-1992 годы и для 204 контрольных участков с данными за 1999 год (рис. I и II). Наблюдается некоторое увеличение количества контрольных участков со значением концентрации NO_3 в диапазоне 25-50 мкэкв/л, и сокращение - во всех других группах. Разделение данных между Европой и Соединенными Штатами показывает, что большая часть роста концентрации NO_3 за период 1990/92-1999 годов имела место на контрольных участках в Соединенных Штатах, тогда как на контрольных участках в Европе отмечается тенденция к снижению концентрации NO_3 .

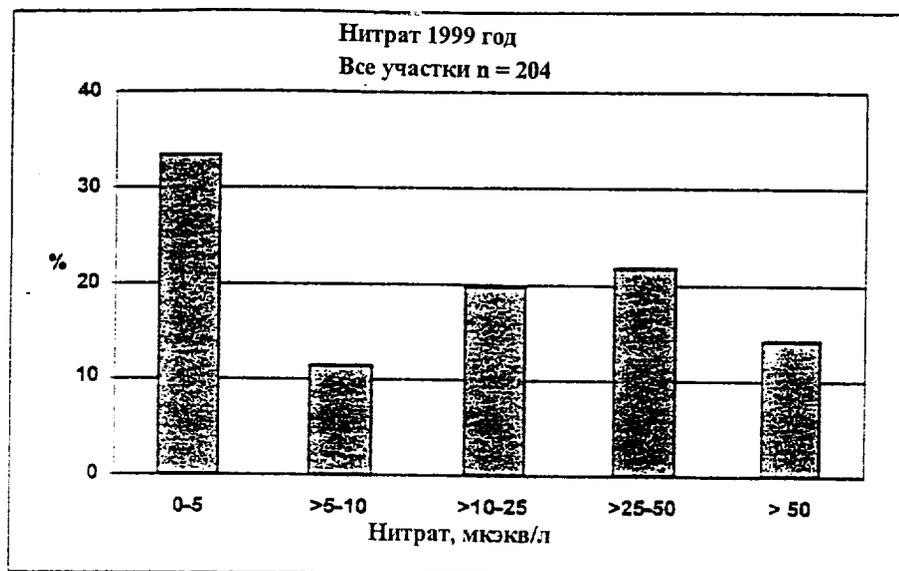


Рис. I. Частотное распределение среднегодовых значений концентрации NO_3^- для 204 контрольных участков МСП по водам (данные за 1999 год)

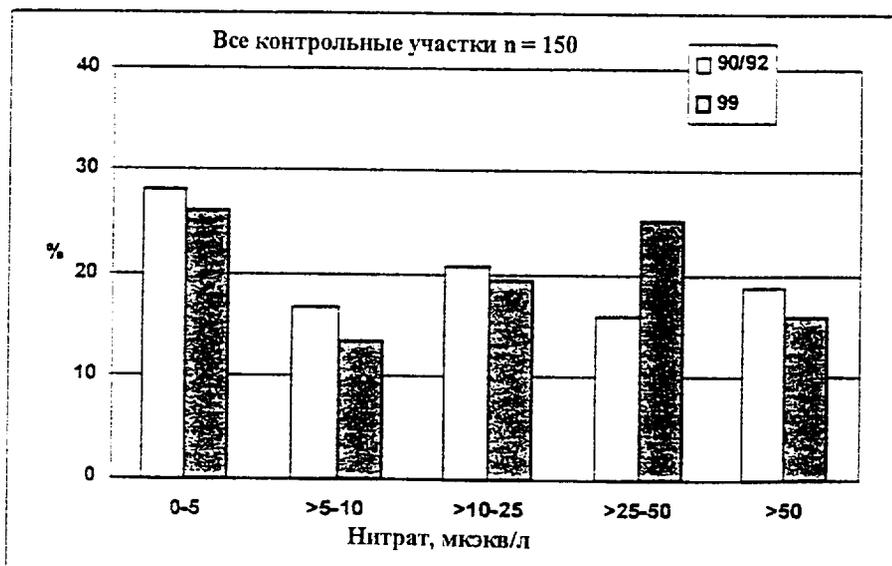


Рис. II. Частотное распределение среднегодовых значений концентрации NO_3^- для 150 контрольных участков МСП по водам (данные за 1999 год и период 1990-1992 годов)

В. Относительное воздействие нитрата и сульфата

15. Степень воздействия NO_3^- в процессе подкисления по сравнению с SO_4 можно количественно оценить соотношением N/S, определяемым как концентрация NO_3^- , поделенная на сумму концентрации неморского SO_4 (обозначена*) и NO_3^- (мкэкв/л):

$$N/S = \text{NO}_3^- / (\text{SO}_4^* + \text{NO}_3^-),$$

где $N/S > 0,1$ приблизительно на 55% из 204 контрольных участков в 1999 году, однако лишь на 5% участков соотношение $N/S > 0,5$. На этих контрольных участках NO_3^- больше влияет на подкисление, чем SO_4 . Эти контрольные участки расположены в Германии и Италии. Это означает, что для большинства контрольных участков МСП по водам на среднегодовой основе SO_4 по-прежнему является основным подкисляющим ионом.

16. Сопоставление этих результатов с частотным распределением соотношения N/S в данных 1990-1992 годов со 147 контрольных участков МСП указывает на систематический сдвиг к более высоким значениям (рис. III). NO_3^- играла более важную роль в подкислении в 1999 году, чем в 1990-1992 годах. Это абсолютно точно связано не с ростом величины концентрации NO_3^- , а со снижением концентрации SO_4 за этот период.

17. Разделение данных между Соединенными Штатами и Европой показывает, что для контрольных участков характерно смещение в сторону увеличения значения соотношения N/S от средней величины 0,07 в 1990/92 году до 0,16 в 1999 году, тогда как на европейских контрольных участках величина соотношения N/S за период 1990/92-1999 годов изменилась с 0,16 до 0,20.

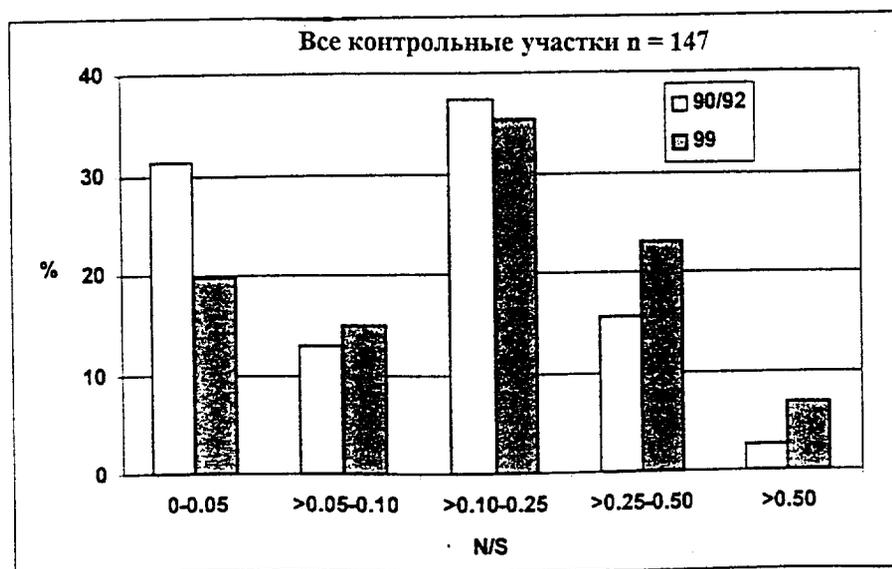


Рис. III. Относительное воздействие NO_3^- в подкислении на 147 контрольных участках МСП по водам в 1999 году по сравнению с периодом 1990-1992 годов для тех же контрольных участков

С. Осаждение азота и неорганический азот в стоке

18. Эмпирические данные по лесным экосистемам в Европе указывают на наличие взаимосвязи между осаждением и потерями азота (Dise and Wright, 1995; Gundersen *et al.*, 1998). Согласно этим данным, выщелачивание NO_3^- является крайне незначительным при уровне осаждения азота ниже $9\text{-}10 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$, выщелачивание может происходить при промежуточных значениях осаждения $9\text{-}25 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$, и интенсивное выщелачивание наблюдается практически на всех контрольных участках при уровне осаждения, превышающем $25 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$. Эти пороговые значения основаны на данных, полученных с участков мониторинга по градиенту нынешнего осаждения азота в Европе, а также с нескольких экспериментальных участков.

19. Для большинства контрольных участков МСП по водам не имеется данных о поступлении/выносе NO_3^- . Однако общую картину о потере азота можно получить, сравнив значения концентрации в стоке ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) и расчетный общий объем потоков (мокрого и сухого) осаждения азота (рис. IV). Значения потоков осаждения даются для ячеек сетки ЕМЕП размером $50 \text{ км} \times 50 \text{ км}$, в которых расположены соответствующие контрольные участки МСП по водам. Данный анализ не охватывает участки в Северной Америке.

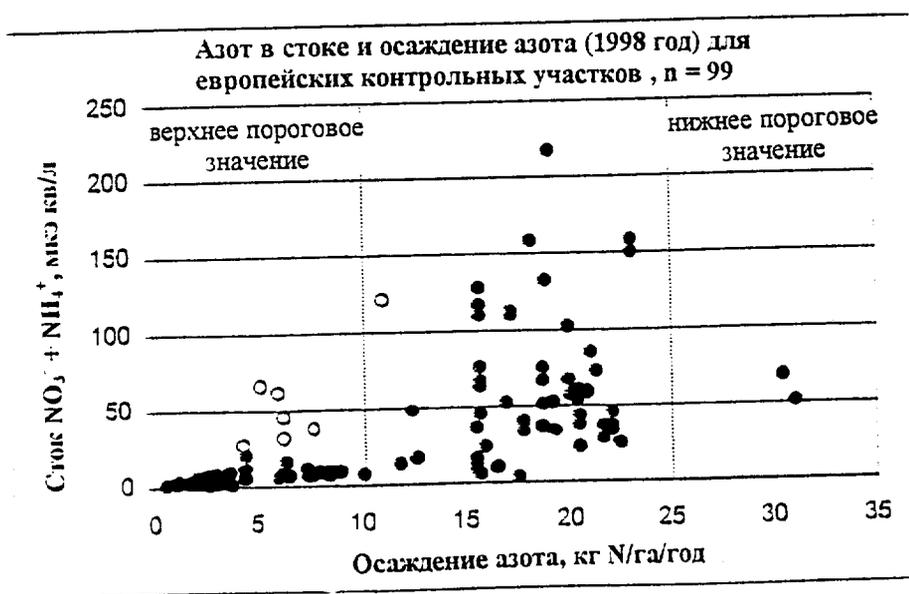


Рис. IV. Концентрация азота ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) в стоке и общий объем потоков (мокрого и сухого) осаждения азота для 99 контрольных участков МСП по водам в Европе в 1999 году. Данные по осаждению - значения за 1998 год, относящиеся к ячейкам сетки ЕМЕП $50 \text{ км} \times 50 \text{ км}$, в которых расположены соответствующие контрольные участки (см. данные из Taggason and Schaug, 2000). Пороговые значения 10 и 25 кг N/га/год взяты из исследования Dise and Wright (1995).

20. Полученные результаты подтверждают общий вывод о том, что интенсивное выщелачивание водосбора происходит в том случае, когда объем осадения азота превышает определенный пороговый уровень. В ряде водосборных бассейнов наблюдается четко выраженное выщелачивание NO_3 даже при весьма низком общем объеме осадения N ($5 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$). В случае контрольных участков в Латвии, Эстонии и Беларуси (показанных на рисунке незаштрихованными кружками) нельзя исключать воздействие на качество воды сельскохозяйственной деятельности (например, пастбищных угодий). Для североамериканских контрольных участков Стоддарт (1994 год) зафиксировал значительные потери азота при низком уровне мокрого осадения $2,5 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$, что соответствует суммарному мокрому и сухому осадению порядка $5 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$. Возможная разница в пороговых значениях между Европой и Северной Америкой представляет собой интересное явление, объяснение которому пока еще не найдено.

21. Абсолютные пороговые значения для контрольных участков МСП по водам являются неопределенными по нескольким причинам: данные об осадении не учитывают конкретных особенностей контрольных участков; на многих участках пробоотбор осуществляется с низкой частотностью; объем потерь азота зависит как от объема осадения, так и от его продолжительности; величины концентрации азота в стоке (вместо потоков азота) сравниваются с потоками осадения азота; при отборе контрольных участков необязательно включаются наиболее чувствительные участки в отношении выщелачивания азота; пороговые значения могут быть отличными для нелесных экосистем; для озер может наблюдаться задержание значительных объемов азота в самом озере. Несмотря на эти факторы неопределенности, представленные на рис. 4 данные в разумной степени согласуются с данными, полученными в работах Dise and Wright (1995 год) и Gundersen et al., (1998).

D. Классификация азотного насыщения

22. Во многих наземных экосистемах азот является биогенным продуктом, ограничивающим рост. Долговременное атмосферное осадение азота может привести к такой ситуации, когда объем присутствующего неорганического азота превысит общий объем, необходимый для роста растений и почвенных микроорганизмов. Азотное насыщение определяется здесь как хронические потери NO_3^- и/или NH_4^+ в проточных водах или стоке подземных вод, что может сопровождаться повышением уровня азотной минерализации и нитрификации в почве (Stoddard, 1994). В этом исследовании (Stoddard, 1994) был дополнительно развит термин "хронический" путем учета краткосрочных

временных колебаний объема потерь NO_3^- из водосборных бассейнов, что позволяет принять во внимание сезонность процессов биологического оборота азота. Автор определяет различные этапы гипотетического временного периода, через которые могут проходить экосистемы при постоянном или растущем уровне атмосферного осаждения азота.

23. Для частотности отбора проб, которая использовалась для сбора данных МСП по водам, были приняты первоначальные критерии Стоддарда (1994) (более подробно см. Stoddard and Traaen, 1995). Для участков с высокой и низкой частотностью отбора проб были разработаны отдельные критерии, с тем чтобы охарактеризовать большинство имеющихся контрольных участков МСП по водам; включение контрольных участков с относительно редким отбором проб (менее четырех раз в год) затруднило разделение этапов 0 и 1, а также этапов 2 и 3, и привело к созданию двух классификаций в дополнение к этапам 0-3 Стоддарда (этап 0/1 и этап 2/3).

24. На рис. V показано распределение этапов азотного насыщения в 1998 году среди контрольных участков МСП по водам. Около половины из 108 контрольных участков характеризовались высокой степенью азотного насыщения (этап 2 и 3) в 1998 году. Такие участки находились преимущественно в центральной Европе, хотя два контрольных участка в Швеции также отнесены в этап 2. Большинство участков в Скандинавских странах отнесены к этапам 0 или 1. 36 из этих участков были также классифицированы по данным за 1990/92 год. 24 из них характеризовались отсутствием изменения этапа азотного насыщения в период 1990/92-1998 годов, на восьми участках показатель насыщения снизился, а на четырех - увеличился.

Е. Зависимость между осаждением азота и этапом азотного насыщения

25. На европейских контрольных участках МСП по водам прослеживается четкая взаимосвязь между осаждением азота и классификацией этапов (рис. VI). Все уровни осаждения азота не превышают $10 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$ на этапах 0 и 1, в то время как на этапе 3 не было ни одного участка с уровнем осаждения ниже $10 \text{ кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$. Эта картина в целом идентична оценке данных за 1990/92 год (Traaen and Stoddard, 1995).

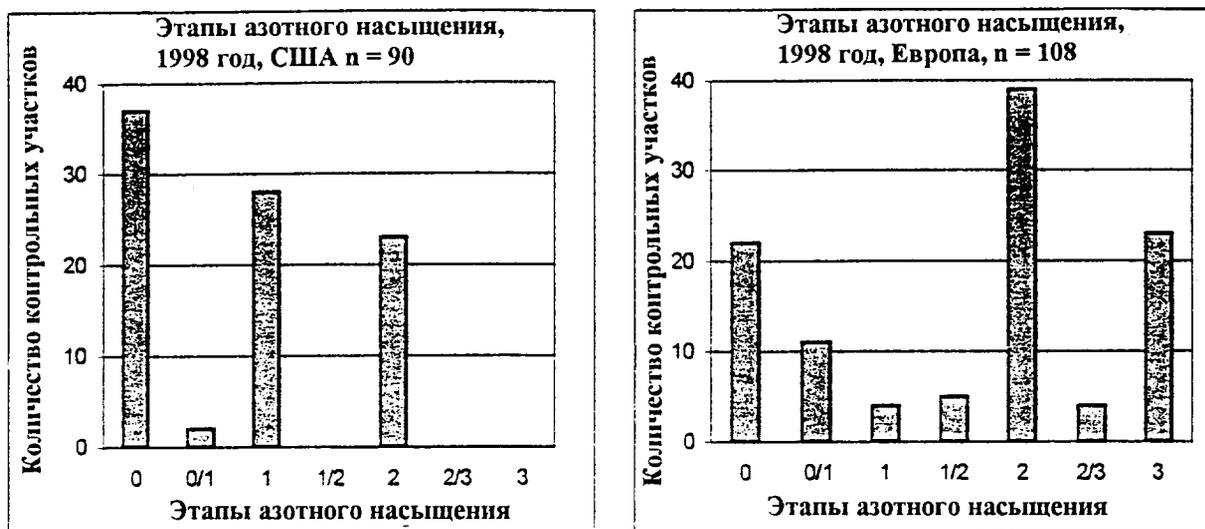


Рис. V. Количество контрольных участков МСП по водам в различных этапах азотного насыщения в 1998 году (этапы изменены в соответствии с критерием Стоддарда, 1994 год; критерии классификации контрольных участков по этапам поясняются в Graaen and Stoddard, 1995) для контрольных участков МСП по водам в Соединенных Штатах (США) и Европе.



Рис. VI. Зависимость между осаждением азота (мокрое + сухое, рассчитанное на основе данных по сетке ЕМЕП) и этапами насыщения в 1998 году для 82 контрольных участков МСП по водам в Европе (исключая Северную Америку). Средние значения показаны горизонтальными линиями, а цифровые значения означают среднюю величину осаждения в кг N/га/год.

F. Тренды концентраций нитрата в поверхностных водах

26. В значительной степени обеспокоенность в отношении азотного насыщения связана с данными, указывающими на интенсификацию потерь NO_3^- из водосборных бассейнов в районах с высоким уровнем осадения в Европе и Северной Америке в 80-х годах (см., например, Murdoch and Stoddard, 1993; Driscoll and van Dreason, 1993; Henriksen and Brakke, 1988). Последующий анализ тенденций в северо-восточной части Соединенных Штатов указывает на то, что эти тенденции не продолжились в 90-х годах (Mitchell *et al.*, 1996).

27. В качестве основы для оценки тенденций концентрации NO_3^- в поверхностных водах в 90-е годы в обширных по площади районах (Skjelkvåle *et al.*, 2000) использовались данные МСП по водам. Для анализа использовались контрольные участки с достаточно частым (минимум три пробы в год) и продолжительным (на менее семи лет за десятилетний период 1989-1998 годов) пробоотбором (98 контрольных участков). Значение трендов по времени было оценено с помощью метода сезонной статистики Кендалл Тау (СКТ) (описание статистических методов см. в Skjelkvåle *et al.*, 2000; и Stoddard *et al.*, 1999).

28. Из 96 контрольных участков МСП по водам с достаточными данными для анализа трендов 8 контрольных участков в период 1989-1999 годов характеризовались значительными повышательными тенденциями, 11 - значительными понижательными тенденциями, а на остальных 77 участках не было выявлено сколь-либо значительных тенденций. Вместе с тем интересно отметить, что на 5 из 6 контрольных участков в Чешской Республике зафиксирована понижательная тенденция концентрации NO_3 (таблица 1).

29. Контрольные участки были сгруппированы по химическим критериям и характеристикам водосборных бассейнов (Skjelkvåle *et al.*, 2000). Единственной группой, для которой характерны существенные изменения, является группа с низким показателем способности нейтрализовать кислоты (СНК), данные по которой указывают на значительное увеличение концентрации NO_3 в 90-е годы. Ни в группе участков с высоким уровнем NO_3 , ни в группе с низким уровнем NO_3 не было выявлено выраженных тенденций концентрации NO_3 (обе группы характеризовались значительной изменчивостью тенденций).

30. Предыдущие результаты МСП по водам (Stoddard *et al.*, 1999; Lükewille *et al.*, 1997) указывают на то, что в 80-е годы для МСП по водам в целом количество участков с повышательной тенденцией концентрации NO₃ было больше (33%), чем участков с понижательной тенденцией (8%). На сегодняшний день данные за 90-е годы указывают на прекращение тенденций роста концентрации.

Таблица 1. Количество контрольных участков со значительной повышательной или понижательной тенденцией ($p < 0,05$) концентрации NO₃ на основе данных за период 1989-1998 годов

Страна	Общее количество контрольных участков	Количество контрольных участков с:	
		повышательными тенденциями	понижательными тенденциями
Канада	14	4	
Чешская Республика	6		5
Финляндия	22		
Германия	6		
Италия	4		
Норвегия	9	2	1
Польша	2		
Швеция	10		2
Соединенное Королевство	6	2	
Соединенные Штаты	17		1
Всего	96	8	10

G. Тренды в осадении

31. Осаждение окисленного и восстановленного азота в Европе возросло в начале века и выравнилось в 70-х - 80-х годах. В конце 90-х годов уровень осадения несколько снизился в центральной и восточной Европе, что было связано с незначительным сокращением объема выбросов (Tarrason and Schaug, 2000). Анализ трендов данных ЕМЕП, проведенный в исследованиях Barrett *et al.* (2000a) и Barrett *et al.* (2000b), указывает приблизительно на 20-процентное сокращение уровня осадения азота в центральной Германии и южной Скандинавии в период 1989-1998 годов. Это сокращение рассматривается как следствие снижения выбросов соединений азота в 90-е годы.

32. Для группы контрольных участков ЕМЕП, расположенных в том же районе, что и контрольные участки МСП по водам (таблица 2), были рассчитаны тенденции осаждения NO_3+NH_4 за период 1989-1998 годов. Только на контрольных участках в Финляндии и Швеции отмечается значительное изменение уровня осаждения азота за этот период, причем в Швеции данные с одного контрольного участка свидетельствуют о повышении уровня осаждения, а с другого - о понижении. Замеры мокрого осаждения соединений азота на контрольных участках ЕМЕП характеризуются относительно резкими годовыми колебаниями, что, возможно, обусловлено естественной вариацией таких метеорологических условий, как количество осадков. Таким образом, этот "шумовой фон" в зарегистрированных данных указывает на то, что изменения объема осаждения азота должны быть относительно существенными, чтобы стать статистически значимыми. Это, возможно, объясняет отсутствие значительных трендов в осаждении азота в течение 90-х годов на многих контрольных участках ЕМЕП.

Таблица 2. Линейная регрессия годового осаждения NO_3+NH_4 за период 1989-1998 годов на 16 контрольных участках ЕМЕП в 9 странах Европы. Значительные тренды выделены жирным шрифтом. НЗ: незначительные. Единица измерения: $\text{кг N/га}^{-1}/\text{год}^{-1}$

Страна	Контрольный участок ЕМЕП	наклон тренда	r^2	p
Чешская Республика	CZ01 Свартоуч	+0,05	0,04	НЗ
Германия	DE02 Вальдхоф	-0,10	0,05	НЗ
	DE03 Шауинланд	-0,42	0,28	НЗ
	DE05 Бротьякригель	-0,12	0,07	НЗ
Финляндия	FI04 Ахтари	-0,24	0,66	<0,05
	FI09 Уто	-0,08	0,90	<0,05
Соединенное Королевство	GB06 Лаф Навар	-0,11	0,30	НЗ
	GB02 Эскдейлмуир	+0,22	0,37	НЗ
	GB15 Стрэт Вейч	-0,05	0,29	НЗ
Италия	IT04 Испра	-0,52	0,20	НЗ
Норвегия	NO01 Биркенес	-0,42	0,48	НЗ
	NO08 Скреодален	-0,34	0,29	НЗ
Польша	PL02 Яршев	0	0	НЗ
Швеция	SE02 Рорвик	-0,43	0,70	<0,05
	SE12 Аспвретен	+0,23	0,64	<0,05
Швейцария	CH01 Юнгфраухох	-0,23	0,42	НЗ

III. РЕЗЮМЕ И ВЫВОДЫ

33. База данных МСП по водам в настоящее время включает данные с 204 контрольных участков в Европе и Северной Америке. Эти данные были оценены с точки зрения состояния и тенденций в концентрации нитрата (NO_3).

34. Нынешнее состояние:

a) приблизительно на одной трети контрольных участков МСП среднегодовое значение концентрации $\text{NO}_3 < 5$ мкэкв/л. Более чем на половине участков концентрация $\text{NO}_3 > 10$ мкэкв/л. В целом результаты указывают на то, что на значительной доле контрольных участков МСП по водам показатель концентрации NO_3 превышает ожидаемое значение для водосборных бассейнов, не подвергающихся воздействию осаждения азота;

b) приблизительно на 5% контрольных участков NO_3 вносит больший вклад в подкисление, чем сульфат (SO_4). Это означает, что для большинства контрольных участков МСП по водам на среднегодовой основе SO_4 по-прежнему является доминирующим подкисляющим ионом;

c) SO_4 является наиболее важным подкисляющим анионом, однако NO_3 составляет более 10% неморских кислотных анионов на 50% контрольных участков МСП по водам;

d) данные МСП по водам подтверждают общую картину, согласно которой повышенный сток азота происходит в водосборных бассейнах с уровнем осаждения азота, превышающим пороговые значения 5-10 кг N/га/год;

e) около половины из 108 европейских контрольных участков МСП по водам характеризовались в 1998 году высокой степенью азотного насыщения (этап 2 или 3). Такие участки расположены преимущественно в центральной Европе. Большинство участков в Скандинавских странах относятся к этапам 0 или 1. В восточной части Соединенных Штатов 26% контрольных участков имеют высокую степень азотного насыщения (этап 2) и ни один из участков не отнесен к этапу 3;

f) для европейских контрольных участков МСП по водам четкая взаимосвязь между осаждением азота и этапами азотного насыщения не прослеживается. Все уровни осаждения азота не превышают 10 кг N/га/год на этапах 0 и 1, а на этапе 3 ни на одном из контрольных участков не было зарегистрировано осаждения менее 10 кг N/га/год.

35. Тренд:

a) частотное распределение концентрации NO_3 является приблизительно идентичным для 150 контрольных участков с данными за период 1990-1992 годов и за 1999 год. Разделение данных между Соединенными Штатами и Европой указывает на то, что большая часть увеличения NO_3 в период с 1990-1992 годов до 1999 года произошла на контрольных участках в Соединенных Штатах, тогда как на европейских контрольных участках прослеживается тенденция к снижению концентрации NO_3 ;

b) NO_3 играл более важную роль в подкислении в 1999 году, чем в 1990-1992 годах. Это главным образом обусловлено снижением концентрации SO_4 за тот же период, а не повышением концентрации NO_3 ;

c) из 70 контрольных участков, включенных в 1998 год, 36 были также классифицированы в 1990-1992 годах. Из них на 24 участках не было отмечено изменения этапа азотного насыщения, на 8 - понижательная тенденция и на 4 - повышательная тенденция;

d) на большинстве контрольных участков МСП по водам с достаточными данными для анализа трендов в 1998 году не было отмечено значительных трендов в концентрации NO_3 за период 1989-1998 годов. Лишь на 8 участках зарегистрировано значительное повышение, а на 11 - значительное понижение. Предыдущие результаты МСП по водам (Stoddard *et al.*, 1999; Lükewille *et al.*, 1997) указывают на то, что в 80-х годах по МСП по водам в целом количество участков с повышательной тенденцией концентрации NO_3 было больше (33%), чем количество участков с понижательной тенденцией (8%). На сегодняшний день данные за 90-е годы показывают, что этот повышательный тренд прекратился;

e) осаждение окисленного и восстановленного азота в Европе возросло в начале века и выравнивалось в 70-х и 80-х годах. Анализ трендов данных ЕМЕП, проведенный в исследованиях Barrett *et al.* (2000a) и Barrett *et al.* (2000b), указывает на снижение осаждения азота приблизительно на 20% в центральной Германии и южной части Скандинавии за период 1989-1998 годов. Считается, что это обусловлено сокращением объема выбросов соединений азота в 90-е годы;

f) из 16 контрольных участков ЕМЕП, расположенных в том же районе, что и участки МСП по водам, лишь на трех участках отмечаются значительные изменения уровня осаждения азота за десятилетний период 1989-1998 годов. Измерение мокрого осаждения соединений азота на контрольных участках ЕМЕП свидетельствует о значительных годовых вариациях, возможно связанных с естественными колебаниями таких метеорологических условий, как количество осадков. Таким образом, этот "шумовой фон" в зарегистрированной информации означает, что изменения в осаждении азота должны быть относительно существенными для того, чтобы стать статистически значимыми. Этим, возможно, объясняется отсутствие значительных изменений в трендах осаждения азота в 90-х годах на многих контрольных участках ЕМЕП;

g) в целом полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение степени азотного насыщения является длительным процессом, продолжающимся десятилетия.

Перечень использованной литературы

Aber, J. D., Nadelhoffer, K. J., Steudler, P., and Melfflo, J. 1989. Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *Bioscience* **39**: 378-386.

Barrett, K., Aas, W., Hjellbrekke, A. G., Tarrason, L., and Schaug, J. 2000. An evaluation of trends for concentrations in air and precipitation, p.41-58, In: Tarrason, L. and Schaug, J., Transboundary Acidification and Eutrophication in Europe. EMEP Summary Report 2000, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway -

Barrett, K., Schaug, J., Bartonova, A., Semb, A., Hjellbrekke, A. G., and Hanssen, J. E. 2000. A contribution from CCC to the reevaluation of the observed trends in sulphur and nitrogen in Europe 1978-1998. CCC Report 7/2000, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway. 205 pp.

Dise, N. B. and Wright, R. F. 1995. Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition. *For.Ecol.Manage.* **71**: 153-162.

Driscoll, C. T. and van Dreason, R. 1993. Seasonal and long-term temporal patterns in the chemistry of Adirondack lakes. *Water Air Soil Pollut.* **67**: 319-344.

Gundersen, P., Callesen, I., and de Vries, W. 1998. Nitrate leaching in forest ecosystems is controlled by forest floor C/N-ratio. *Environ.Pollut.* **102**: 403-407.

Henriksen, A. and Brakke, D. F. 1988. Increasing contributions of nitrogen to the acidity of surface waters in Norway. *Water Air Soil Pollut.* 42: 183-201.

Lükewille, A., Jeffries, D. S., Johannessen, M., Raddum, G. G., Stoddard, J. L., and Traaen, T. S. 1997. The Nine Year Report: Acidification of surface water in Europe and North America - Long-term Developments (1980s and 1990s). ICP-Waters Report 41/97 NIVA-report SNO 3637-97, Norwegian Institute for Water Research, Oslo. 168 pp.

Mitchell, M. J., Driscoll, C. T., Kahl, J. S., Likens, G. E., Murdoch, P. S., and Pardo, L. H. 1996. Climatic control of nitrate loss from forested watersheds in the northeast United States. *Environ.Sci.Technol.* 30: 2609-2612.

Murdoch, P. S. and Stoddard, J. L. 1993. Chemical characteristics and temporal trends in eight streams of the Catskill Mountains, New York. *Water Air Soil Pollut.* 67: 367-395.

Norwegian Institute for Water Research. 1996. Programme Manual. NIVA-report SNO 3547-96, Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway. 37 pp.

Skjelkvåle, B. L., Andersen, T., Halvorsen, G. A., Heegaard, E., Stoddard, J. L., and Wright, R. F. 2000. The 12-year report; Acidification of surface water in Europe and North America; trends, biological recovery and heavy metals. SNO 4208/2000, ICP Waters report 52/2000, Norwegian Institute for Water Research, 108 pp.

Stoddard, J. L. 1994. Long-Term Changes in Watershed Retention of Nitrogen: its causes and aquatic consequences, p.223-284. In: Baker, L. A., *Environmental Chemistry of Lakes and Reservoirs*, ACS Advances in Chemistry Series no. 237., American Chemical Society, Washington, DC.

Stoddard, J. L., Driscoll, C. T., Kahl, J. S., and Kellogg, J. H. 1998. A regional analysis of lake acidification trends for the northeastern U.S., 1982-1994. *Environmental Monitoring and Assessment* 51: 399-413.

Stoddard, J. L., Jeffries, D. S., Lukewille, A., Clair, T. A., Dfflon, P. J., Driscoll, C. T., Forsius, M., Johannessen, M., Kahl, J. S., Kellogg, J. H., Kemp, A., Mannio, J., Monteith, D., Murdoch, P. S., Patrick, S., Rebsdorf, A., Skjelkvale, B. L., Stainton, M. P., Traaen, T. S., van Dam, H., Webster, K. E., Wieting, J., and Wilander, A. 1999. Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe 1980-95. *Nature* 401: 575-578.

Stoddard, J. L. and Traaen, T. S. 1995. The stages of nitrogen saturation: Classification of catchments included in "ICP on waters"., p.69-76. In: Homung, M., Sutton, M. A., and Wilson, R. B., *Mapping and modelling of critical loads for nitrogen - a workshop report. Proceedings of the Grange-over-Sands Workshop 24-26 October 1994*, Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh, United Kingdom.

Tarrason, L. and Schaug, J. 2000. Transboundary Acidification and Eutrophication in Europe. EMEP Summary Report 2000. EMEP/MSC-W 1/2000, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway. 264 pp.

Traaen, T. S. and Stoddard, J. L. 1995. An Assessment of Nitrogen Leaching from Watersheds included in ICP on Waters. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution SNO 3201-95, Norwegian Institute for Waters Research, Oslo. 39 pp.

Примечание: Названия справочных источников воспроизводятся в том виде, в котором они были получены секретариатом.
