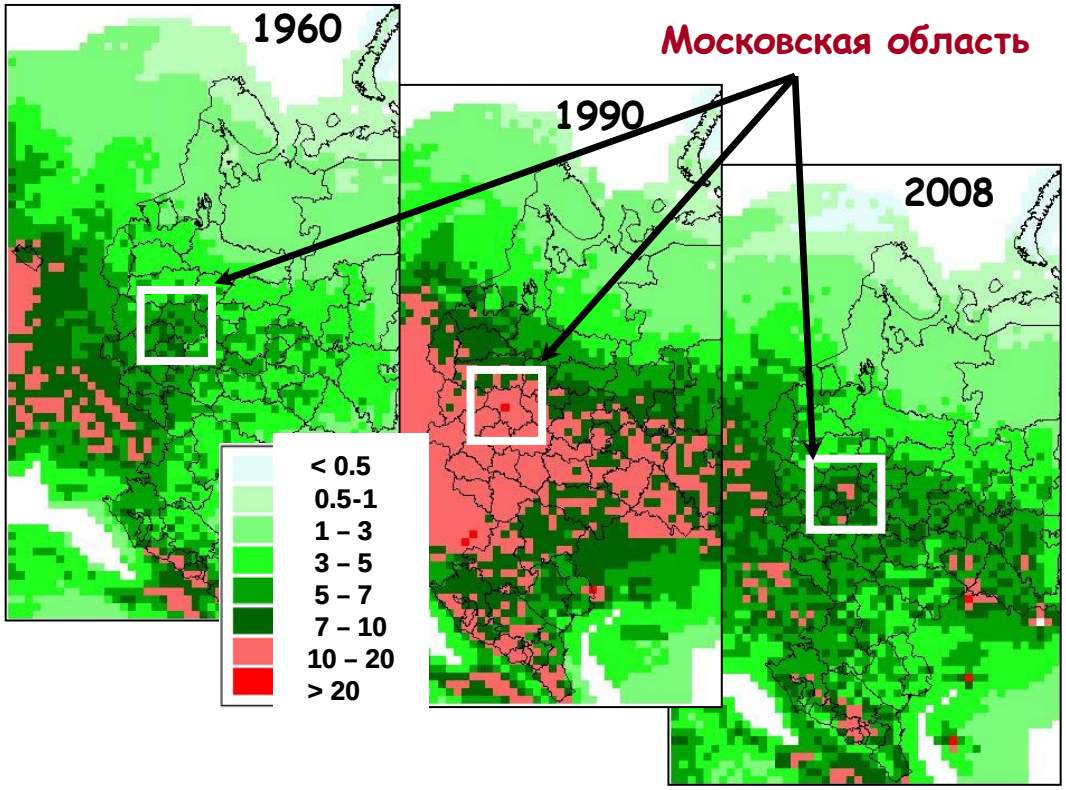
Роль атмосферных выпадений азота в обеспеченности лесов азотным минеральным питанием:
анализ динамики и индикаторные показатели

Ирина Припутина, **Елена Зубкова, Владимир Шанин, Александр Комаров**

ИФХиБПП РАН, Пущино, Московская обл.
irina.priputina@gmail.com

«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ», ЦЭПЛ РАН, 21-23 октября 2014

Поступление азота с атмосферными выпадениями (N_{dep})
как дополнительный источник азотного питания лесной растительности

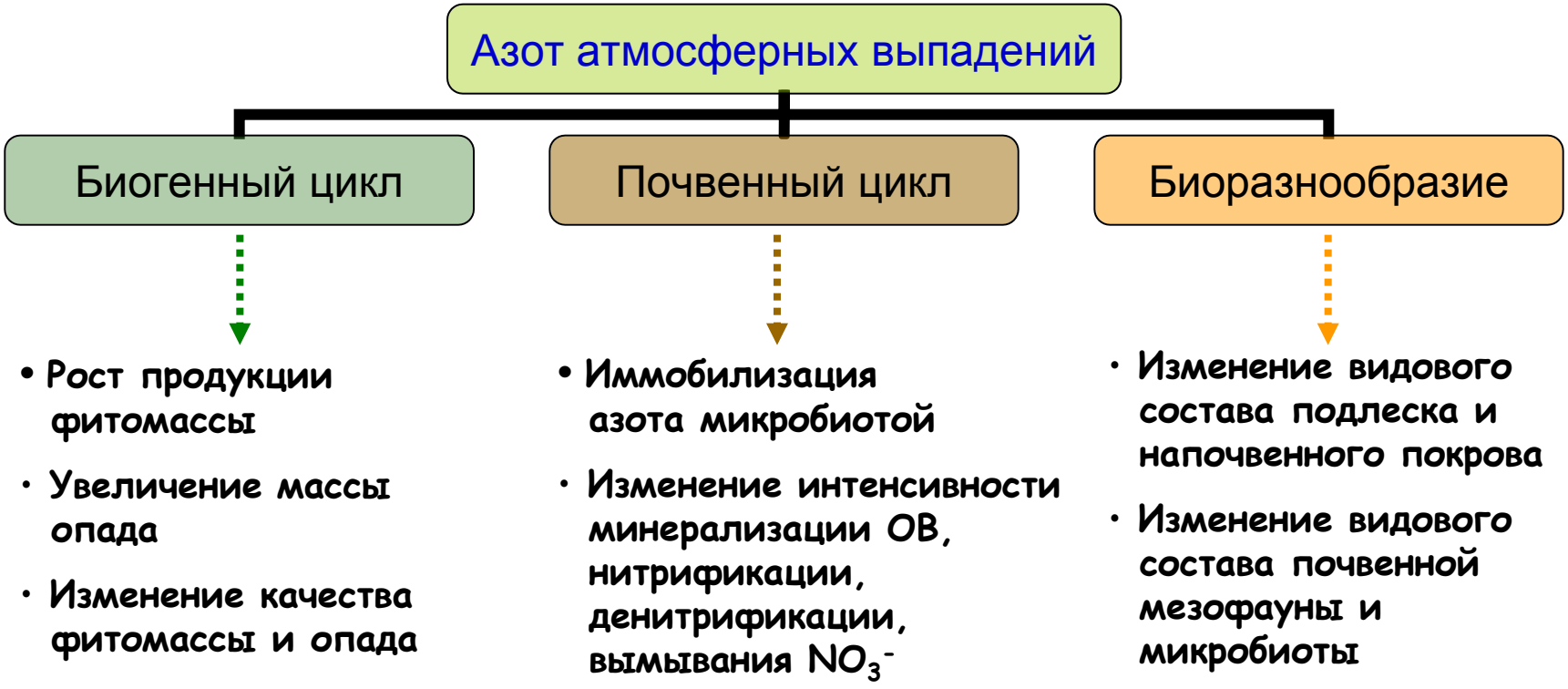


Поступление N_{dep} в Подмосковье (кг га$^{-1}$ г$^{-1}$):

- 1950-60 гг.: **3-7**
- 1980-90 гг.: **10-20**
- 1990-е гг.: **7-10**
- 2000-2010 гг.: **10-15**

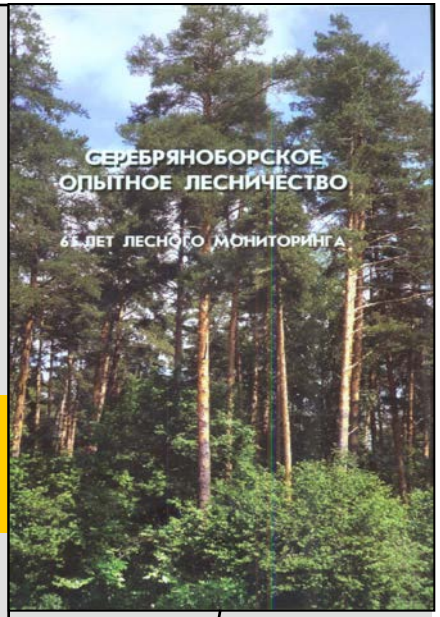
Визуализация данных EMEP/MSC-W (2011): (http://www.msc-west.org)

Эффекты повышенного поступления азота в лесные экосистемы



Объекты исследования: сосновые леса Серебряноборского лесничества

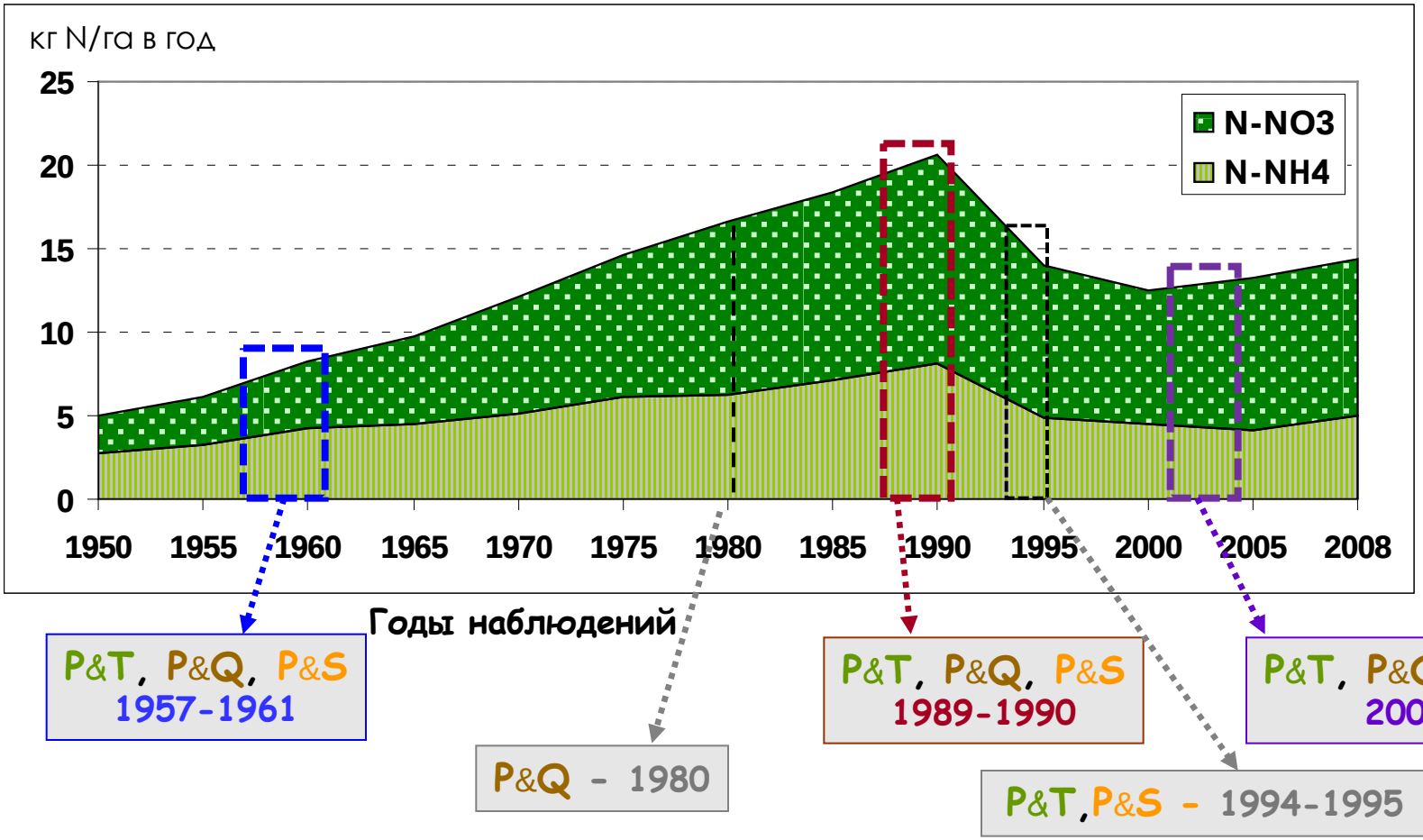
Расположение	Красногорский р-н Московской обл.		
Климатические условия	Температура:- +3.5°С (1960-1980), +5.0°С (2000-2010); Осадки: - 570-650 мм		
Природная зона	**Подзона южной тайги / хвойно-широколиственных лесов**		
Тип почв ПОП	**Дерново-слабоподзолистые супесчаные** на аллювии речных террас р. Москвы		
Номер участка	**1**	**2**	**3**
Акроним	**Pinus & Tilia**	**Pinus & Quercus**	**Pinus & Sorbus**
Тип леса	*Tilietum-Pinetum mixtoherboso-oxalidosum*	*Pinetum quercetoso-corylosum myrtilloso-mixtoherbosum*	*Pinetum sorboso-corylosum oxalidoso-mixtohernosum*
Период наблюдений	**1957-2003**	**1960-2003**	**1961-2003**



По данным:

- **Стационарные биогеоценотические исследования** в южной подзоне тайги. М.: Наука, 1964.
- **Рысин Л.П. и др.** Динамика хвойных лесов Подмосковья.. М.: Наука, 2000.
- **Серебряноборское опытное лесничество:** 65 лет лесного мониторинга. М.: КМК. 2010

Поступление N с атмосферными выпадениями
в период мониторинговых наблюдений



Поступление N по данным EMEP/MSC-W для территории, вблизи западных границ Москвы, включая Серебряноборское лесничество (http://www.msc-west.org)

Индикация азотного статуса лесов

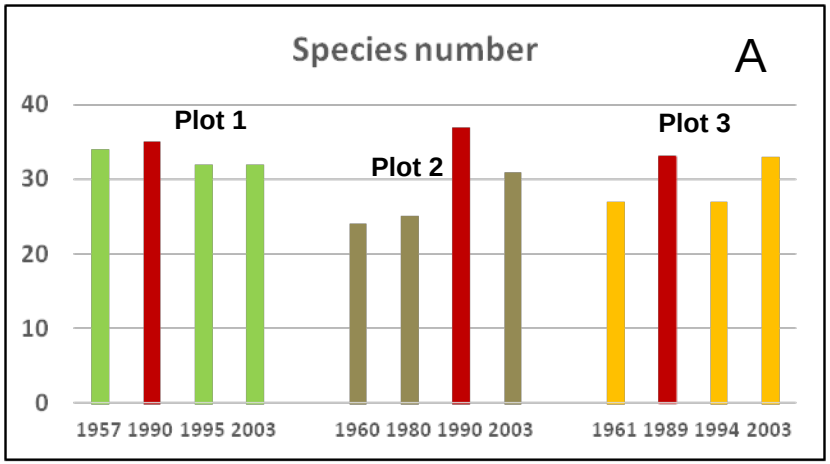
Фитоиндикация

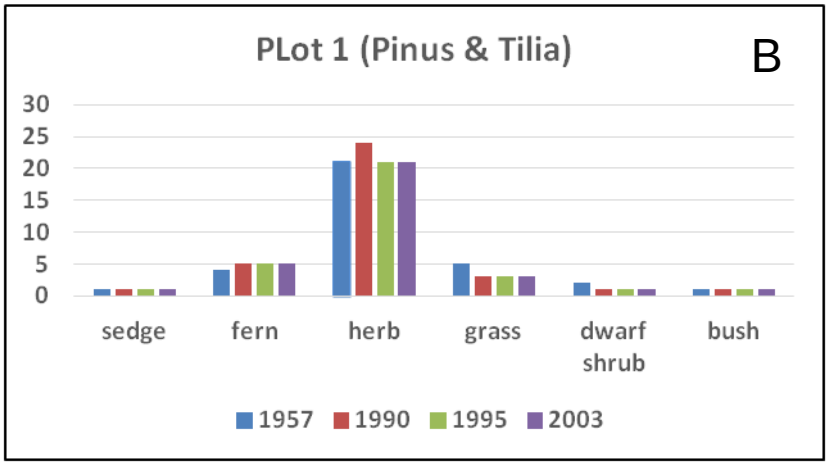
- **Анализ индикаторных видов** (олиготрофы, эвтрофы, нитрофилы)
- **Распределение эколого-ценотических групп**
- **Оценка обеспеченности почв азотом по экологическим шкалам**:
  Д.Н. Циганова (1983)
  Г. Элленберга (1991)
- **Анализ видов-стенобионтов** (**специалистов**) с разной требовательностью к азотному питанию

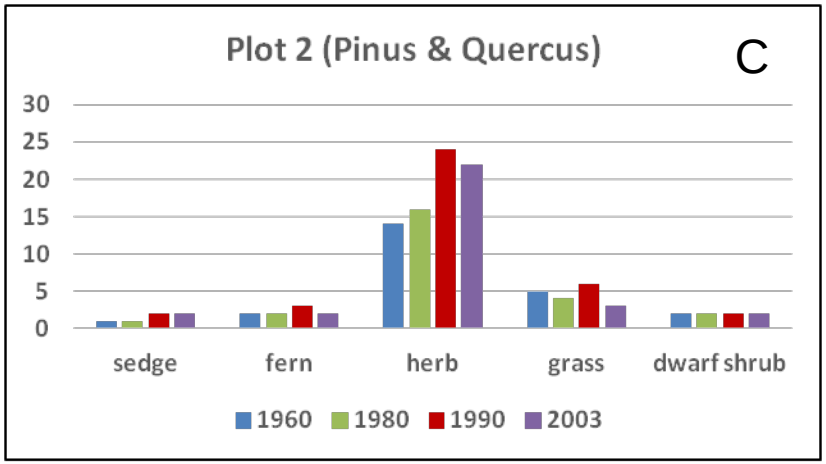
Почвенная диагностика

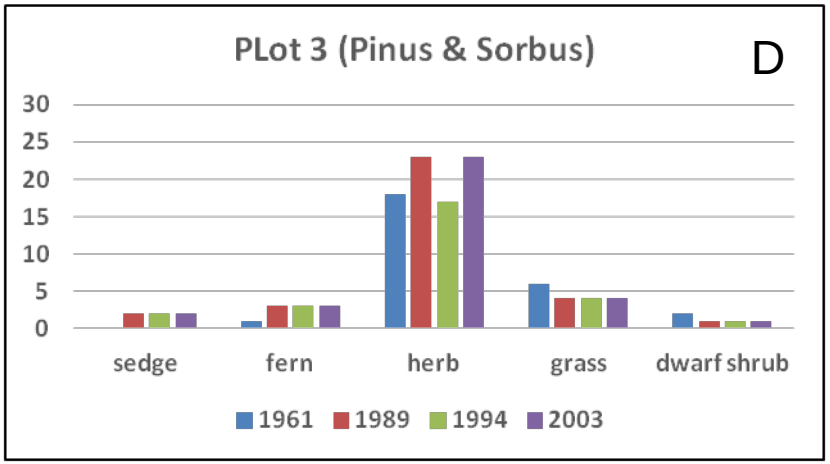
- **Суммарные запасы азота** /содержание Nобщ.,
- **C:N** в лесной подстилке и гумусовых горизонтах лесных почв
- Почвенный **пул легкодоступного азота** / содержания минеральных (N-NH4, N-NO3) и легкогидролизуемых соединений азота в почве

Изменение видового разнообразия травяно-кустарничкового яруса (по данным анализа опубликованных списков видов (Рысин и др., 2003))



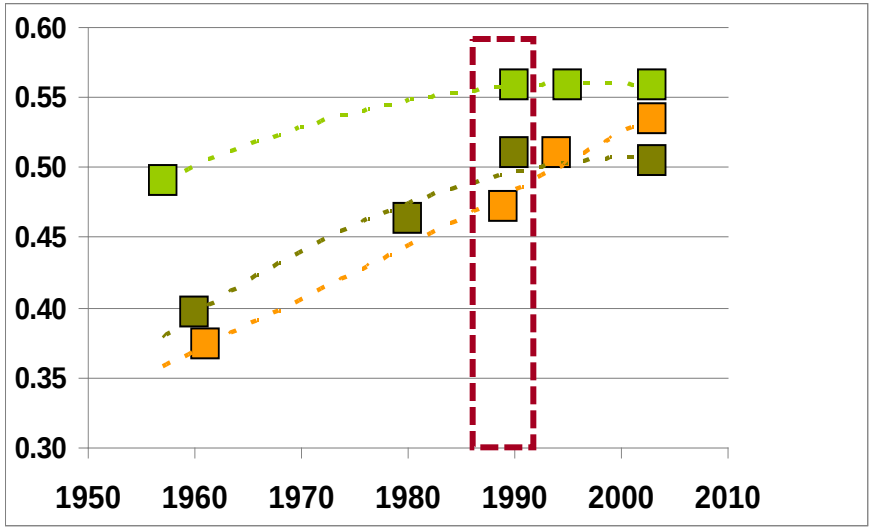






Динамика доступности азота почвы на основе анализа экологических шкал Д.Н. Цыганова и Г. Элленберга

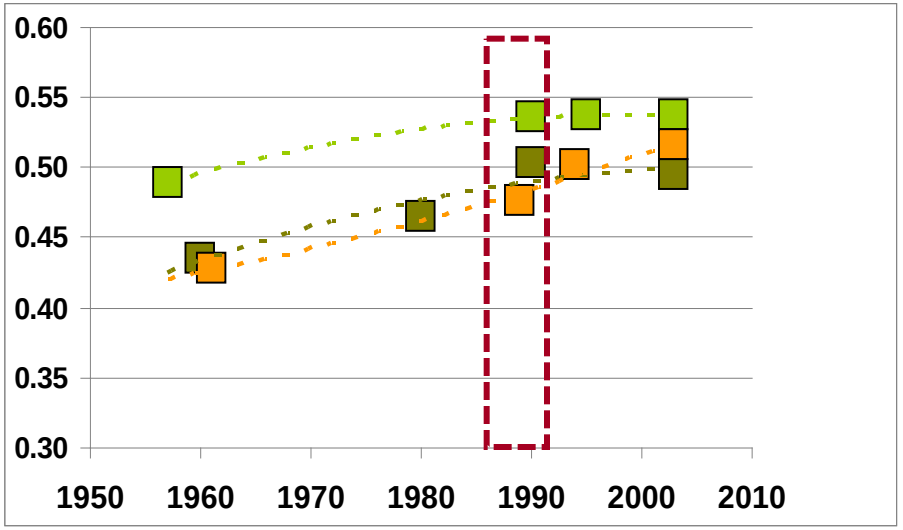
Средняя оценка богатства почв азотом по шкале Г. Элленберга (1991)



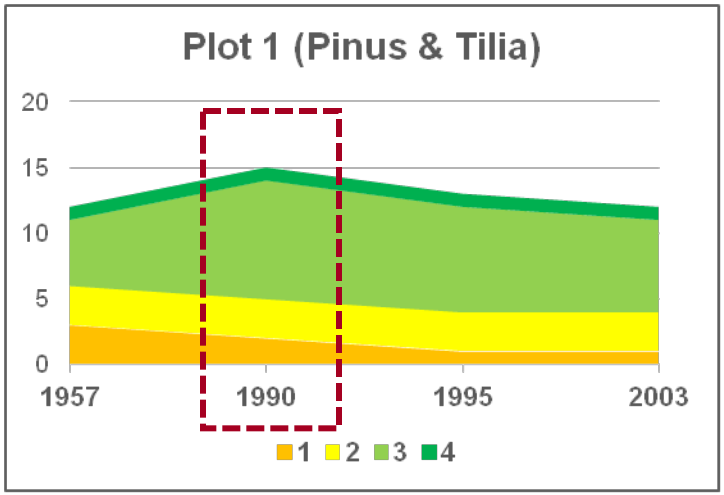
* По оси У – нормированные значения

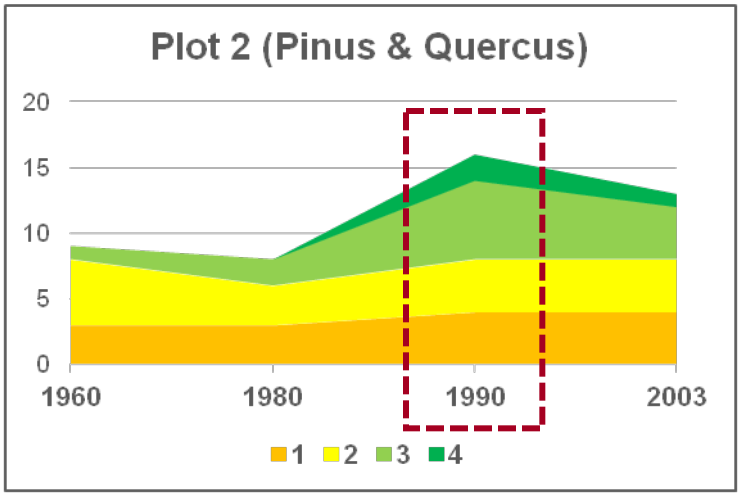
- Схожие тренды динамики выпадений N и обеспеченности почв азотом.
- Доступность N почвы возросла на 0.5-1.5 балла за 30 летний период, когда уровень выпадений N повысился на 10-12 кг N/га в год (с 6-8 до 15-20).
- В последующие годы азотный статус лесов сохранился.

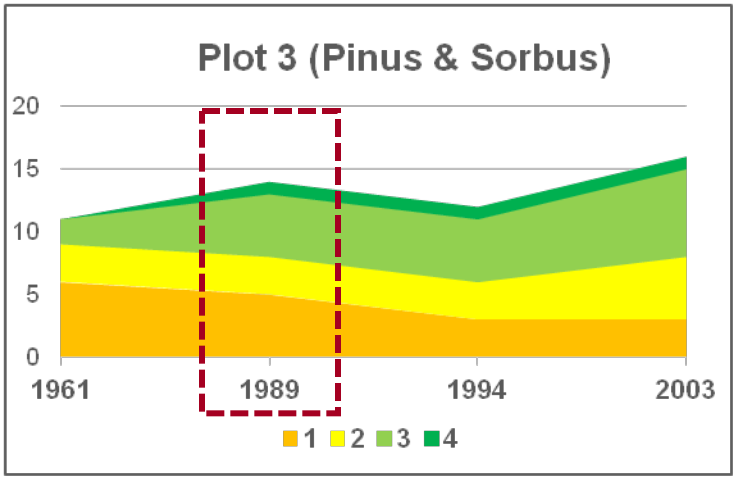
Средняя оценка богатства почв азотом по шкале Д.Н. Цыганова (1983)



Динамика видов-стенобионтов



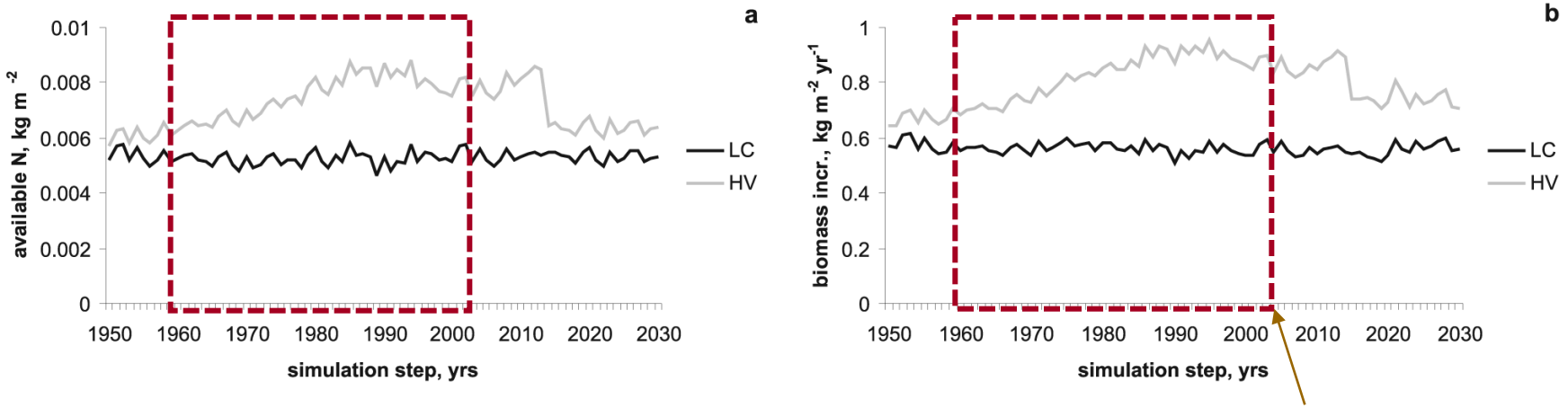




1 – олиготрофы; 2 – мезотрофы; 3 – эвтрофы; 4 – нитрофилы. По оси Y – число видов.

- Общее число стенобионтных видов возросло за счет появления эвтрофных видов и нитрофилов.
- Сократилось число олиготрофов и/или мезотфов.

Динамика доступного пула N в почве при разных нагрузках азота
(результаты моделирования с использованием моделей **EFIMOD** и **ROMUL**)



LC – фоновый уровень выпадений (Low & Constant)
HV – повышенный уровень выпадений (High & Variable)

Моделировалась динамика смешанных разновозрастных древостоев

- При фоновом уровне выпадений N не происходит заметного повышения почвенного пула доступного N за рассматриваемый 40-летний период (рис. a).
- Повышенное поступление N с атмосферными выпадениями сопровождается ростом продуктивности древостоев, что ведет к увеличению растительного опада(рис. b).
- Повышение пула доступного N почвы в сценарии HV в период максимальных выпадений N на 5-7 кг выше уровня ежегодного поступления N из атмосферы.

Выводы

1. Проведенный комплексный анализ подтверждает **тренд эвтрофирования сосновых лесов Подмосковья с максимумом в 1980-1990 гг., когда уровень поступления азота с атмосферными выпадениями возрос до 15-20 кг N/га в год и выше.**

- В рассмотренных сосняках **увеличилось биоразнообразие** (суммарное богатство видов) напочвенного покрова **и число видов, требовательных к азотному питанию**.
- **Сократилось число олиготрофных видов**, типичных для сосновых лесов на бедных азотом почвах легкого гранулометрического состава.
- **Возросла обеспеченность фитоценозов доступным азотным питанием**.

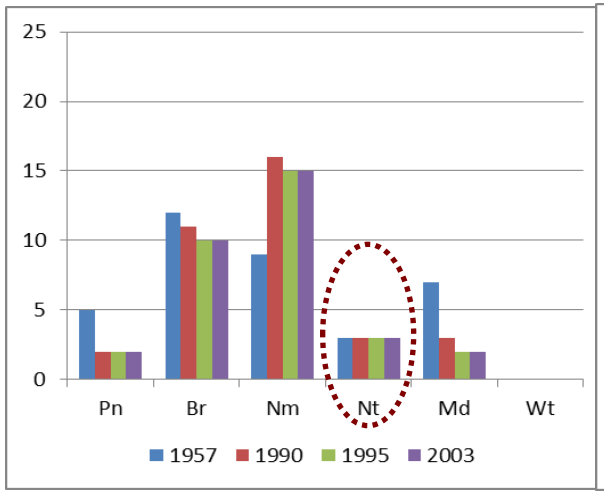
2. Модельные оценки с использованием сценария фонового поступления азота не показали заметного увеличения почвенного пула легкодоступного азота в результате изменения структуры растительного опада (увеличения доли лиственных пород) за 30-40 летний период. Повышение пула доступного N почвы происходит в сценарии повышенных выпадений N из атмосферы.

3. Показано со-направленное влияние на современную динамику лесов Подмосковья природного и антропогенного факторов (сукцессионных изменений и повышенных выпадений азота из атмосферы).

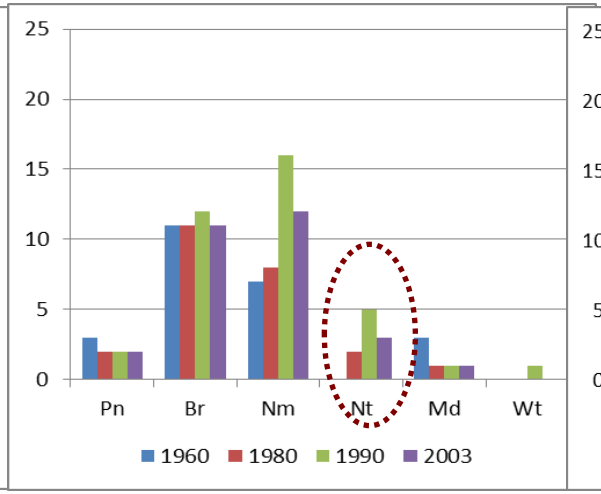
ИФХиБПП РАН

Благодарим за внимание!

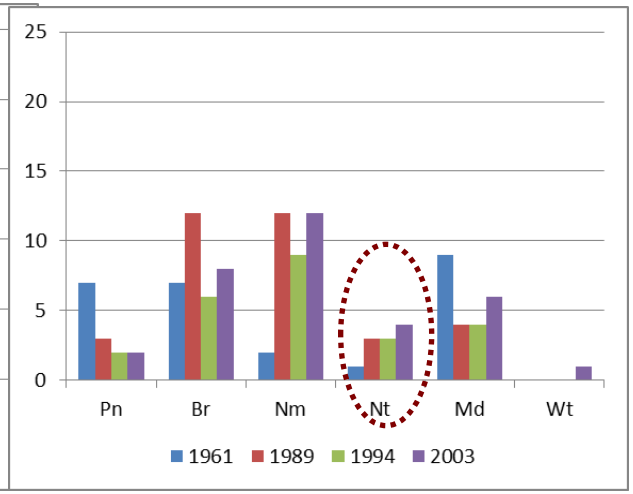
Анализ ЭЦГ напочвенного покрова



Plot 1 (Pinus & Tilia)



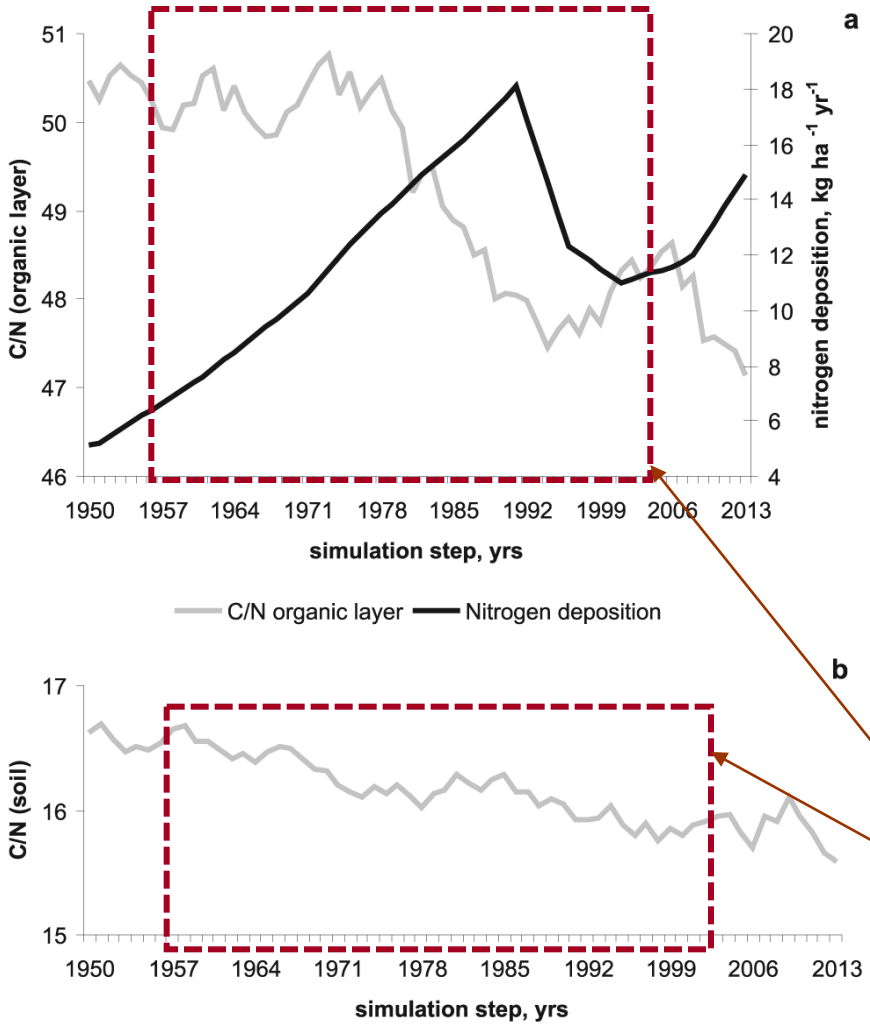
Plot 2 (Pinus & Quercus)



Plot 3 (Pinus & Sorbus)

Число видов разных ЭЦГ по годам:
Pn – боровая, **Br** – бореальная,
Nm – неморальная, **Nt** – нитрофильная,
Md – луговая, **Wt** – гигрофильная.

Динамика C:N в подстилке и почве при разных уровнях выпадений азота (по данным моделирования с использованием модели ROMUL)



- Показана обратная динамика атмосферных выпадений N и величин C:N в лесной подстилке (рис. a).
- Снижение величин C:N происходит когда уровень выпадений N превышает 12-14 кг га-1 год-1.
- Не происходит заметного снижения величин C:N в верхних минеральных горизонтах лесных почв (рис.b).

Период мониторинга