

**Грант РФФИ и Министерства инвестиций и инноваций Московской области
№ 17-45-500038 р_а «Биогенный цикл азота и углерода на начальных стадиях
искусственного и естественного восстановления лесов Подмоскovie:
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ИМИТАЦИОННЫЕ ОЦЕНКИ НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ»**



Руководитель проекта – к.г.н. И.В. Припутина

Участники проекта – к.г.н. С.С. Быховец, к.б.н. Т.Н. Лебедева, к.б.н. М.Н. Стаменов, асп. Г.Г. Фролова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук
(Пушино, Московская обл.)

Проблемная область и возможные решения. Прогноз восстановления лесной растительности после интенсивных нарушений актуален для Подмоскovie и многих регионов России в связи с экологическими проблемами последних лет: лесными пожарами 2010 и 2012 гг., потерями участков еловых лесов от короеда-типографа и др. Одним из решений стали посадки лесных культур сосны, ели и других лесообразующих пород, которые требуют немалых финансовых вложений. Одновременно, в центральных регионах России происходит зарастание лесом брошенных сельхозугодий.

Насколько эффективны разные варианты восстановления лесной растительности с эколого-биогеохимических позиций? В частности, как изменяется плодородие почв и динамика биогенного цикла углерода и азота на экосистемном уровне?

В отечественном лесоведении накоплен немалый опыт ведения лесного хозяйства и знания, как растет лес. Это позволило разработать математические модели, имитирующие рост древостоев в зависимости от видового состава и сочетания внешних факторов (почв, климата, хозяйственной деятельности человека). Подобные модели являются современным инструментом научного прогноза и позволяют проанализировать широкий набор возможных вариантов (сценариев) роста леса с учетом различных факторов динамики лесных экосистем, что не возможно в долговременных и дорогостоящих натурных экспериментах.

Цель Проекта – сравнительная оценка методами имитационного моделирования параметров и динамики биогенных циклов азота и углерода на начальных стадиях восстановления лесной растительности, имеющих определяющее значение для последующего развития лесных экосистем.

Подходы и методы. Были проанализированы типичные для Подмоскovie варианты начального лесовосстановления:

- самозарастание пионерными видами – сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и/или березой (*Betula* pp.) – участков после вырубki разных типов леса;

- посадки культур сосны на участках после вырубki леса или на постагрогенных землях;
- самозаращение сосной и/или березой постагрогенных земель.

Имитационные (вычислительные) эксперименты выполнены с использованием системы моделей EFIMOD, позволяющей имитировать рост леса и динамику органического вещества и азота в лесных экосистемах. Для уточнения используемых в EFIMOD параметров роста древостоев и почвенно-климатических сценариев проведены специальные полевые исследования на ключевых участках в разных районах Московской области, направленные на изучение биогеохимических особенностей начальных стадий онтогенеза сосны и березы в условиях Подмоскoвья.

Основные результаты Проекта:

- Получены количественные данные о размерах деревьев сосны и березы (до 10-летнего возраста), соотношении в них фракций фитомассы, содержании С и N в хвое/листве, стволе, корнях, ветвях.
- В имитационных экспериментах, включающих набор сценариев типичных для Подмоскoвья почвенно-растительных условий, определены количественные показатели продукционного процесса, сопряженных с ним биогенных потоков С и N и динамики почвенного плодородия, которые характеризуют начальные стадии разных вариантов лесовосстановления.
- Суммарные оценки продукции древостоев и изменения почвенных пулов органического вещества для 30-летнего периода начального формирования сосновых и березовых древостоев свидетельствуют о положительном балансе углерода во всех рассмотренных вариантах восстановления лесной растительности на территории Подмоскoвья. Для азота суммарный положительный баланс на уровне экосистем складывается за счет биогенной аккумуляции элемента в древостое, тогда как его почвенные запасы на начальном 30-летнем этапе лесовосстановления сокращаются.
- По сравнению с динамикой роста древостоев, для показателей почвенного плодородия получена более сложная временная динамика, характер которой заметно отличается в разных типах почв и сценариях лесовосстановления. Модельные оценки показывают разнонаправленный характер среднесрочной динамики почвенных пулов углерода и азота при восстановлении лесной растительности.

Результаты Проекта могут быть использованы при разработке решений, направленных на обеспечение экологической безопасности и рациональное природопользование в столичном регионе.

Иллюстративный материал к Отчету по Проекту №17-45-500038 р_а

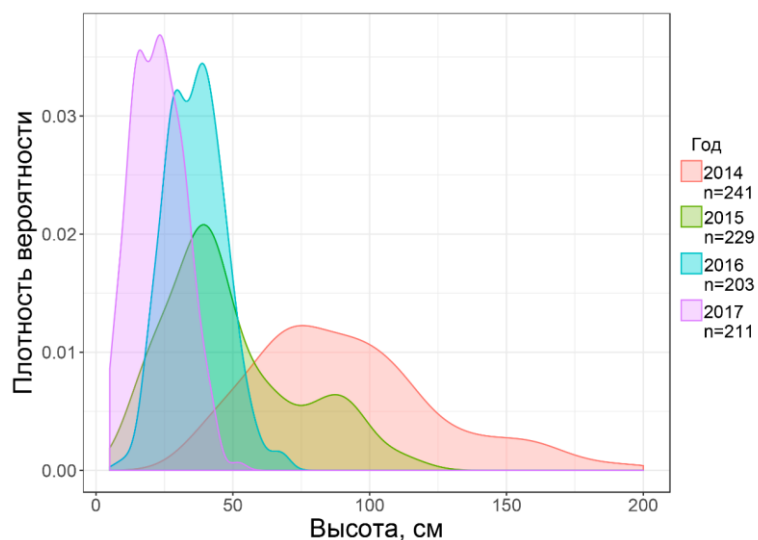


Рисунок 1 – Распределение плотности вероятности значений высоты саженцев культур сосны разного возраста. Цветом показаны данные, соответствующего года посадки; n – число саженцев на пробной площади. График отражает усиление неоднородности выборок по показателю «высота саженцев» с возрастом культур для условного хроноряды посадок сосны 2014-2017 гг.

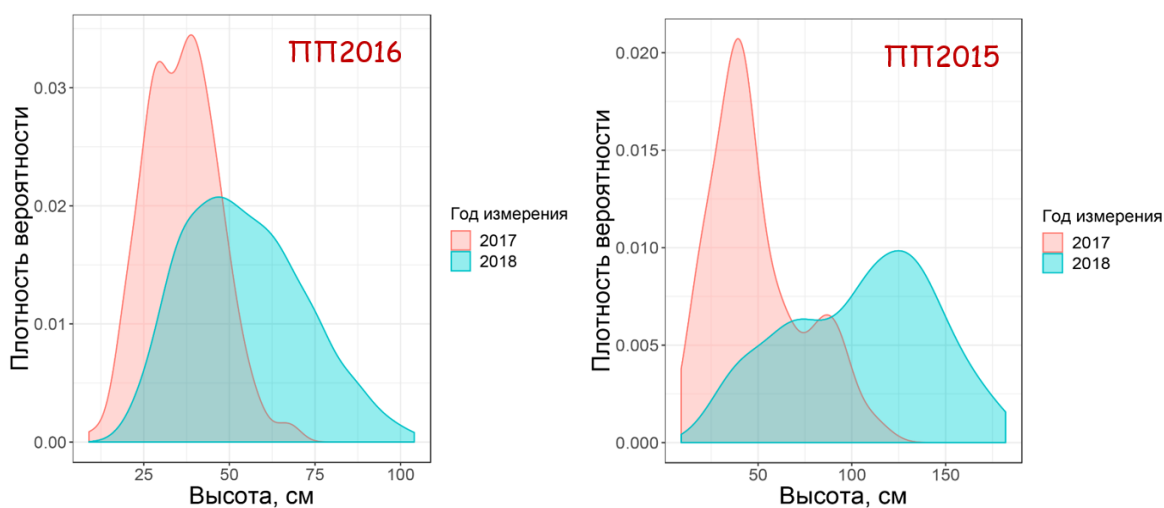


Рисунок 2 - Распределение плотности вероятности значений высоты саженцев для посадок сосны 2015 г. (ПП2015) и 2016 г. (ПП2016) по результатам двух повторных измерений (в 2017 и 2018 гг.). Повторные измерения подтвердили вывод об усилении неоднородности выборок по показателю «высота саженцев» с возрастом культур

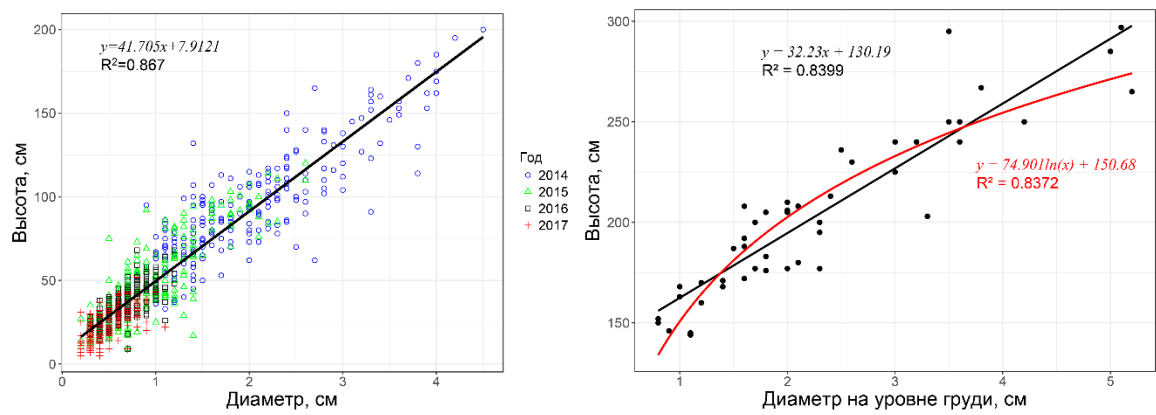


Рисунок 3 – Соотношение таксационных показателей для посадок лесных культур (слева) и сосен с участка зарастания лесом постагрогенных земель (справа)

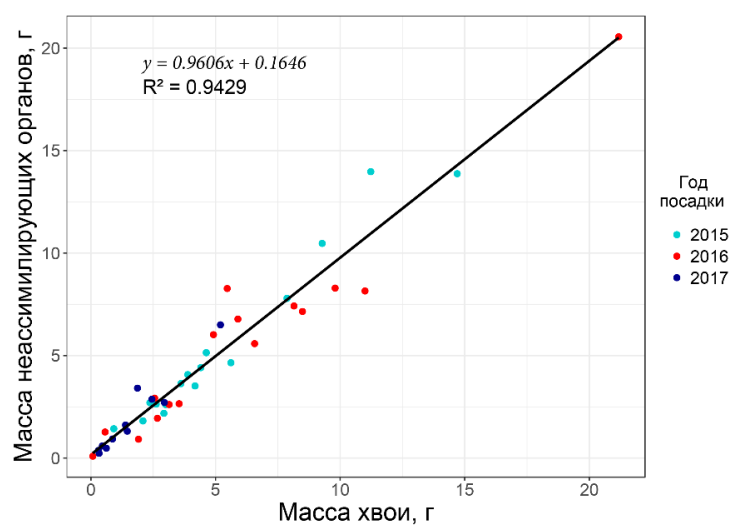


Рисунок 4 – Соотношение массы ассимилирующих и неассимилирующих органов у культур сосны по данным измерений модельных деревьев

Таблица 1 – Начальные запасы органического вещества и азота в почвах в имитационных сценариях (по данным почвенно-геохимического опробования на ключевых участках)

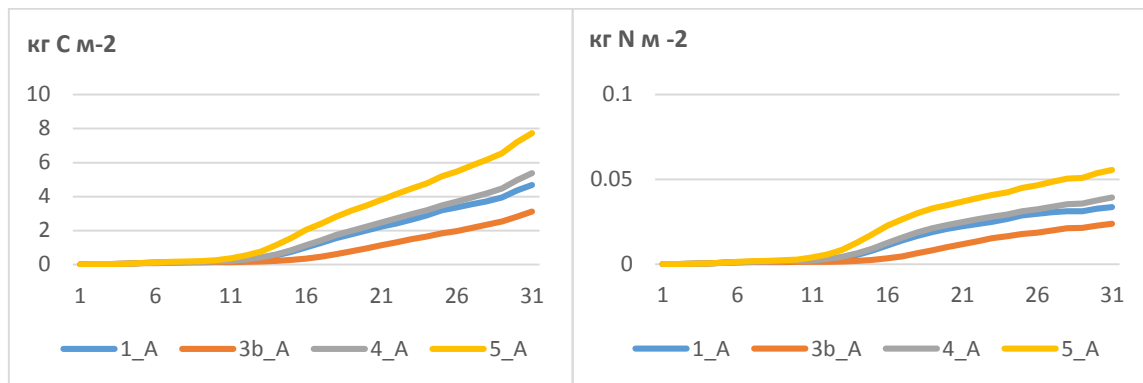
Почвы	Предшествующий фитоценоз	Горизонты почв	Запасы (кг м ⁻²)	
			Органическое вещество	Азот
Лесные, после вырубки				
(1) Подзолистая на валунном суглинке	Ельник зеленомошный	Органические	1.690	0.029
		Минеральные	5.491	0.245
(2) Дерново-сильноподзолистая легкосуглинистая	Березняк травный	Органические	1.272	0.024
		Минеральные	10.243	0.335
(3) Дерново-слабоподзолистая песчаная	(а) Сосняк разнотрано-зеленомошный	Органические	1.315	0.013
		Минеральные	6.151	0.250
	(б) Посадки сосны, посадочная борозда	Органические	0	0
Минеральные		4.417	0.188	
Постагрогенные				
(4) Дерново-подзолистая на покровных суглинках		Органические	0	0
		Минеральные	7.842	0.394
(5) Светло-серая лесная среднесуглинистая		Органические	0	0
		Минеральные	16.877	0.575

Таблица 2 – Имитационные сценарии начальных условий лесовосстановления

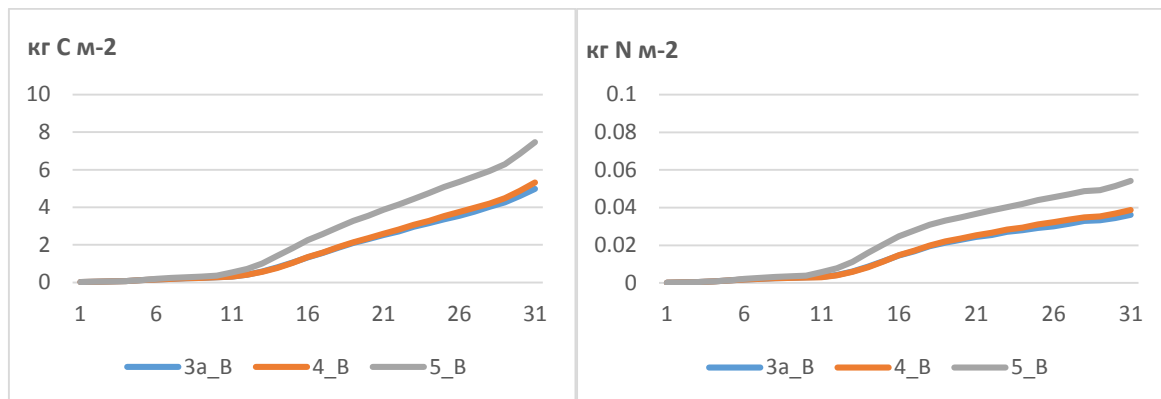
Почвы	Сценарий лесовосстановления			
	(А) Посадки культур сосны, 3300* шт.га ⁻¹	Самозарастание		
		(В) Сосна, 5000 шт.га ⁻¹	(С) Смешанное 7СЗБ, 10000 шт.га ⁻¹	(D) Береза, 20000 шт.га ⁻¹
(1) Подзолистая на валунном суглинке	X			X
(2) Дерново-сильноподзолистая легкосуглинистая				X
(3а) Дерново-слабоподзолистая песчаная		X	X	
(3б) Дерново-слабоподзолистая песчаная	X			
(4) Дерново-подзолистая на покровных суглинках	X	X	X	
(5) Светло-серая лесная среднесуглинистая	X	X	X	X

* - начальная плотность древостоя в имитационных (вычислительных) экспериментах

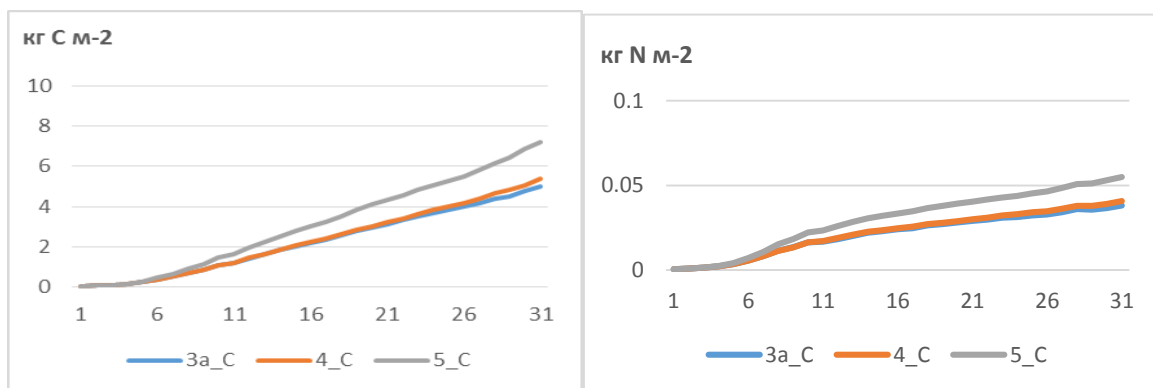
(А) Посадки культур сосны



(В) Самозаращение сосной



(С) Смешанное самозаращение сосной и березой



(D) Самозаращение березой

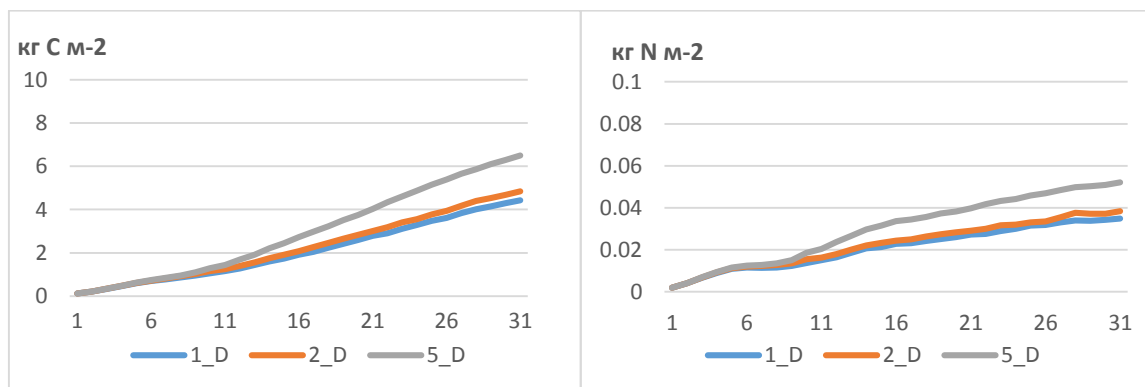


Рисунок 5 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов углерода (слева) и азота (справа) в разных типах древостоев в зависимости от начальных почвенных условий. Номера соответствуют номерам почв в Таблицах 1-2

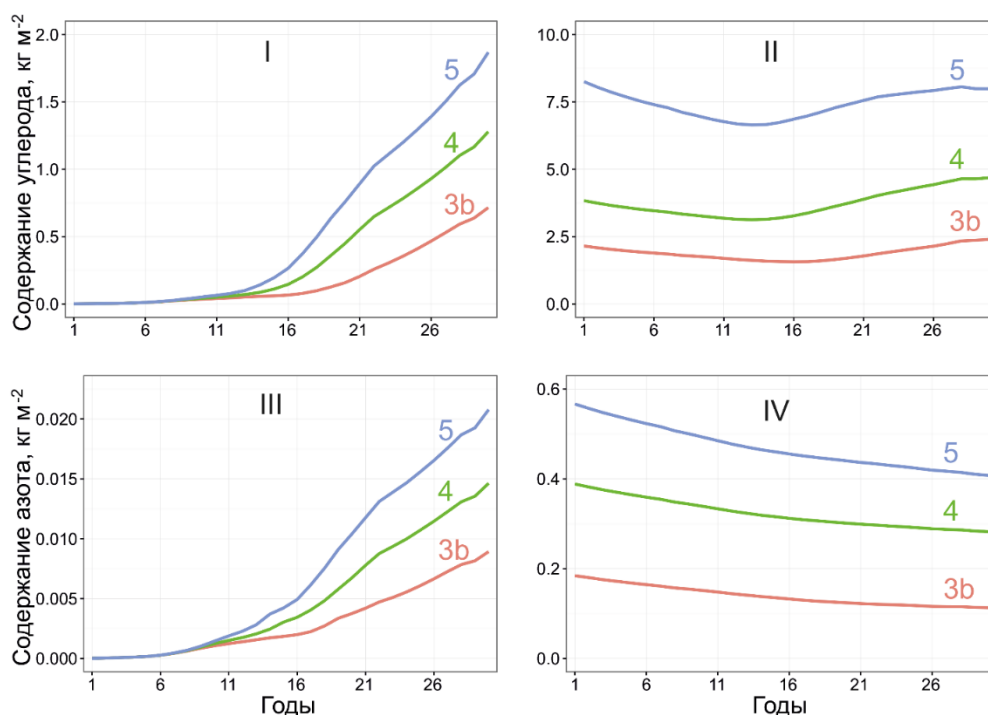


Рисунок 6 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов С и N в органических (графики I, III) и минеральных (графики II, IV) горизонтах почв в сценарии посадок культур сосны (А). Линии на графиках: 3b – посадочные борозды на дерново-слабоподзолистой песчаной почве, 4 – постагрогенная дерново-подзолистая почва х, 5 – постагрогенная светло-серая лесная почва

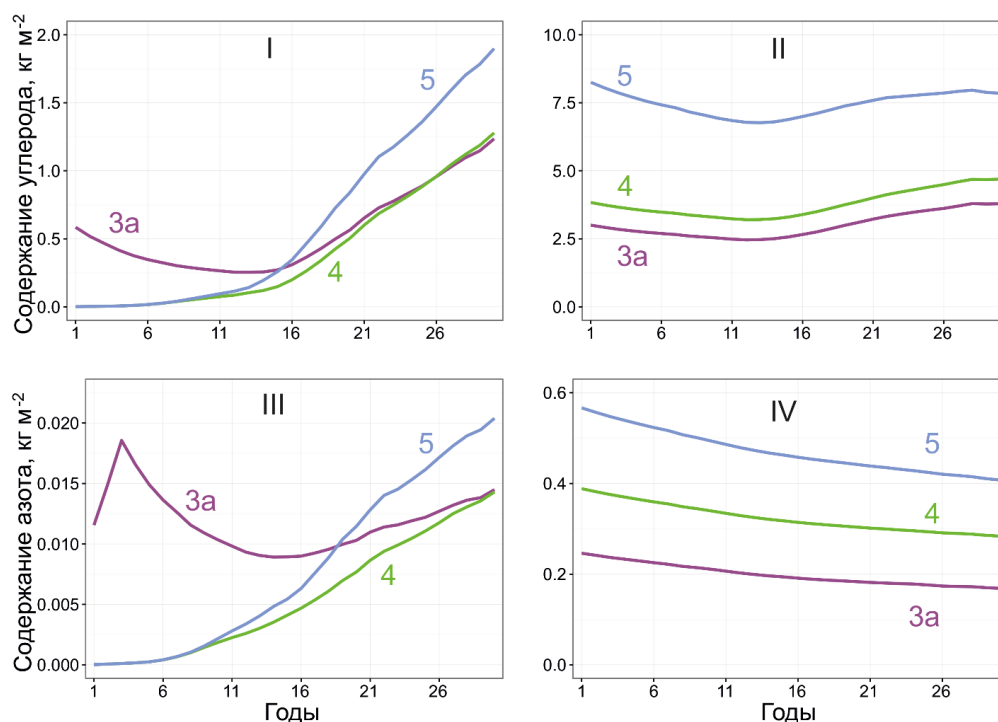


Рисунок 7 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов С и N в органических (графики I, III) и минеральных (графики II, IV) горизонтах почв в сценарии самозарастания сосной. Линии на графиках: 3a – дерново-слабоподзолистая песчаная почва после вырубki сосняка, 4 – постагрогенная дерново-подзолистая почва, 5 – постагрогенная светло-серая лесная почва

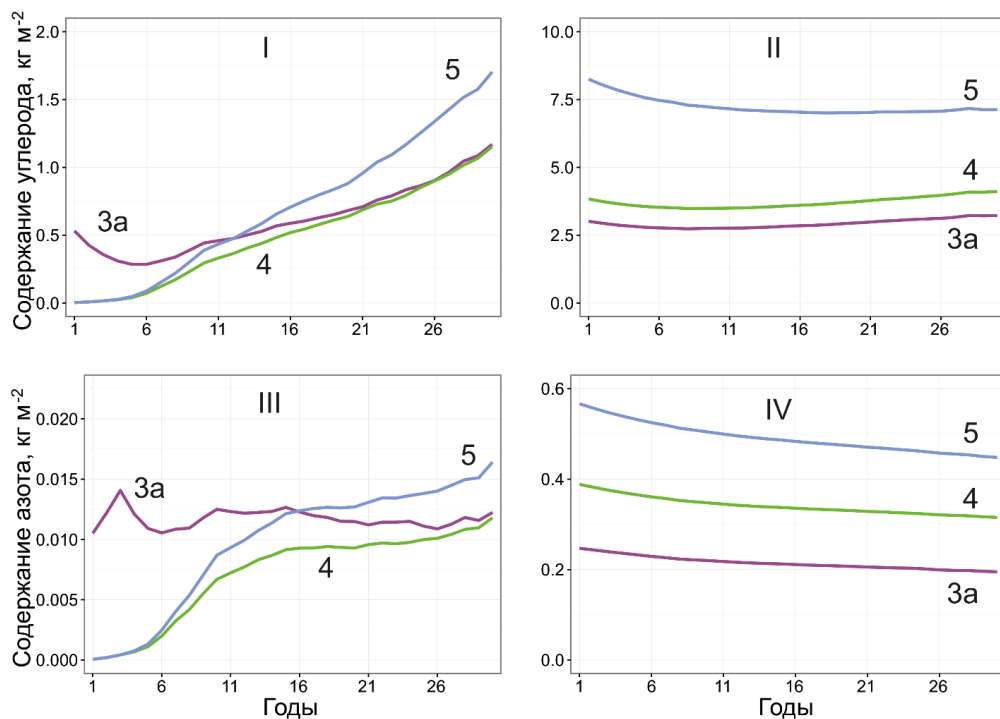


Рисунок 8 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов С и N в органических (графики I, III) и минеральных (графики II, IV) горизонтах почв в сценарии самозарастания сосной и березой. Линии на графиках: 3a – дерново-слабоподзолистая песчаная почва после вырубki сосняка, 4 – постагрогенная дерново-подзолистая почва, 5 – постагрогенная светло-серая лесная почва

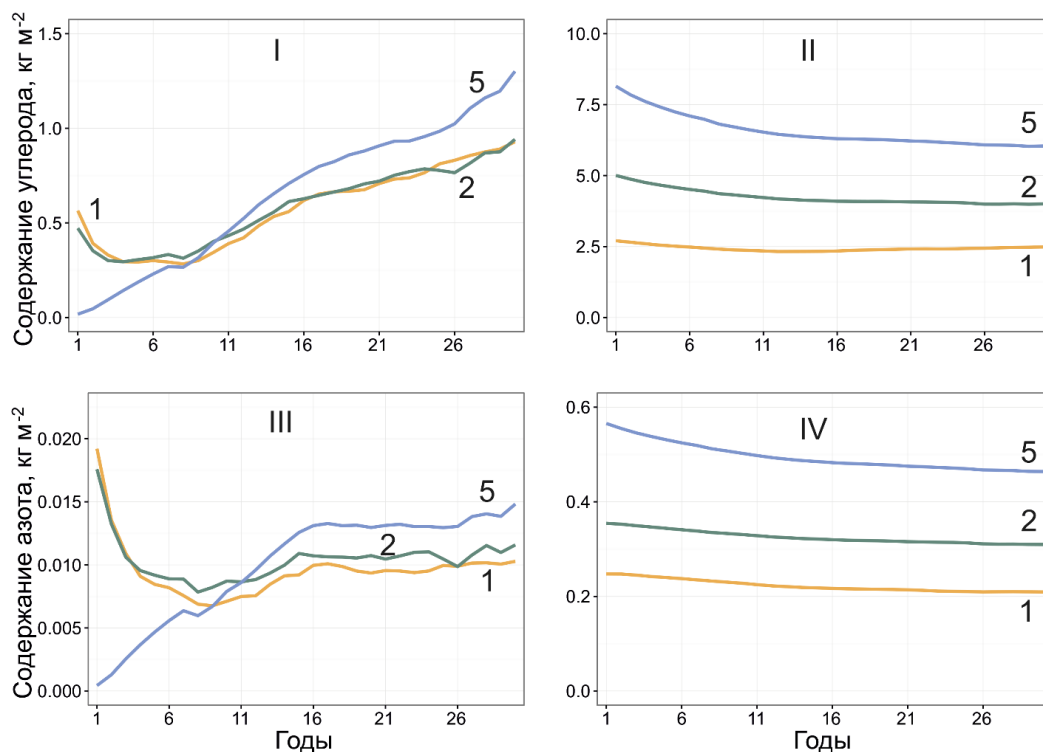


Рисунок 9 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов С и N в органических (графики I, III) и минеральных (графики II, IV) горизонтах почв в сценарии самозарастания березой. Линии на графиках: 1 – подзолистая почва, 2 – дерново-сильноподзолистая, 5 – постагрогенная светло-серая лесная почва

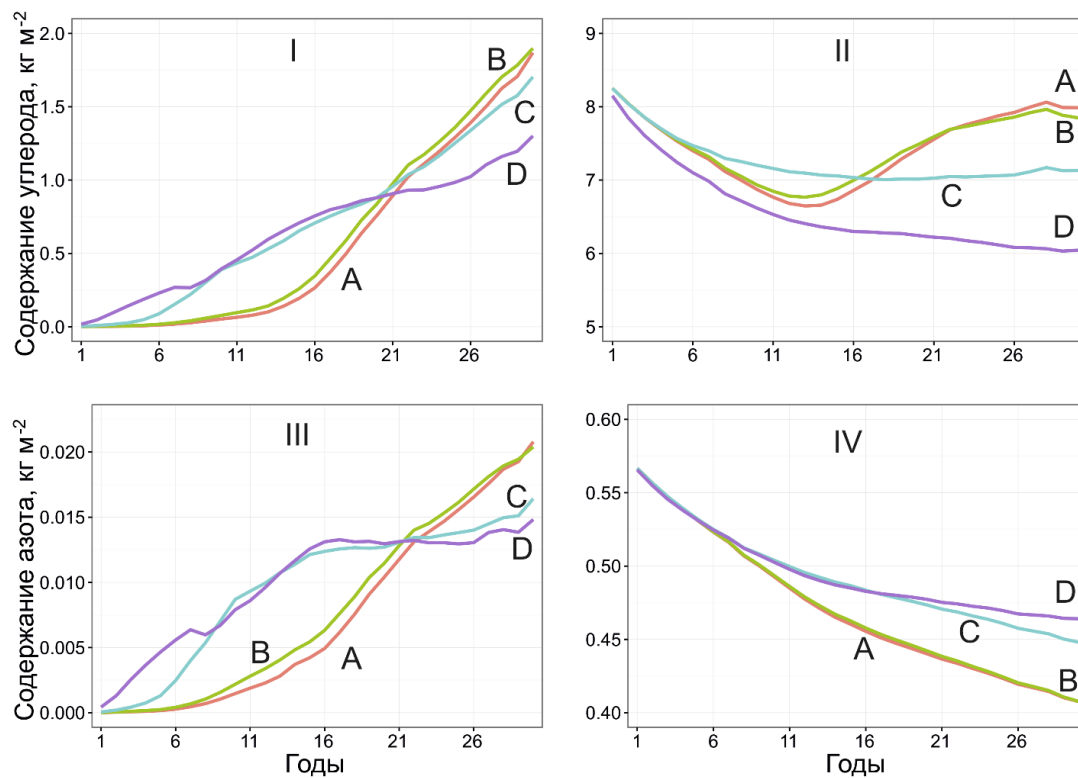


Рисунок 10 – Результаты имитационных (вычислительных) экспериментов: Динамика запасов С и N в органических (графики I, III) и минеральных (графики II, IV) горизонтах постагрогенной светло-серой лесной почвы при разных сценариях лесовосстановления: А – посадки культур сосны, В – самозаращение сосной, С – самозаращение сосной и березой, D – самозаращение березой