

Тема: Биогеохимический цикл азота в лесах Подмосквья в условиях роста техногенной эмиссии NOx: индикация изменений, анализ современных трендов и модельные оценки на примере ключевых участков

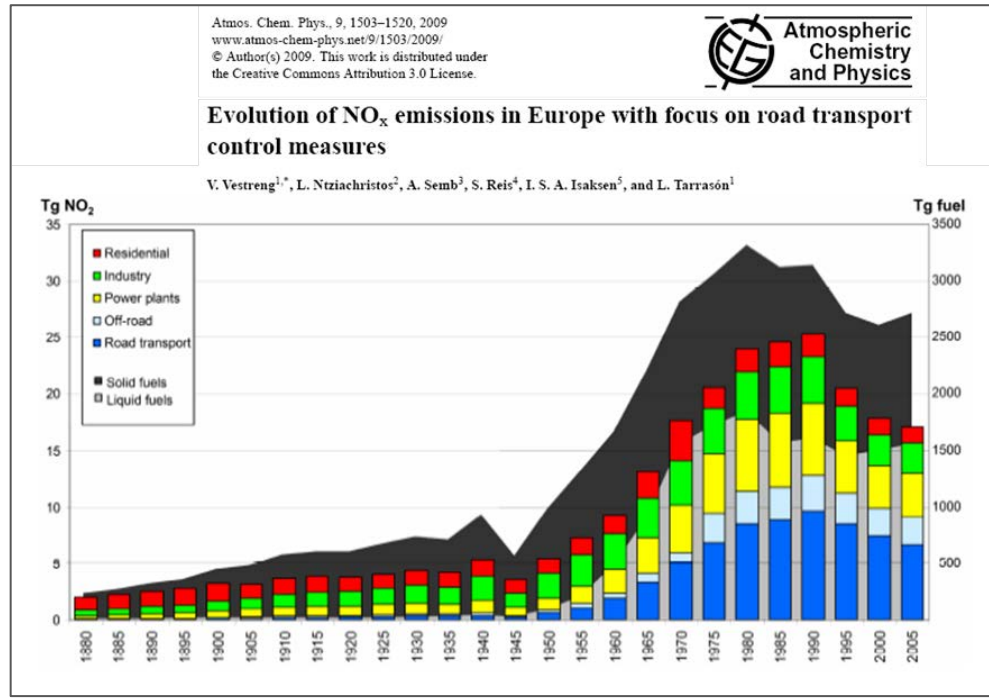
Исполнители: И.В.Припутина (руководитель), Е.В.Зубкова, Т.Н.Лебедева, А.М.Идашкина, М.Т.Шашков, В.Н.Шанин, Г.Г.Фролова



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)



Проблемная область



- Высокий уровень техногенной эмиссии соединений азота (NO_x и NH_4), характерный для стран Европы в 1970-90-ые гг. (Vestrenг et al., 2009), стал причиной повышенных выпадений азота из атмосферы.
- Дополнительное поступление легкодоступного азота привело к росту продуктивности европейских лесов (Spiecker et al., 1996; Dentener et al., 2006) и, одновременно, стало причиной процессов эвтрофирования лесных экосистем, с чем связывают нарушения биоразнообразия лесов и потери плодородия лесных почв из-за ускоренной минерализации органического вещества, вымывания нитратов и денитрификации (De Vries et al., 2007; Jenssen, 2009; Bobbink, Hettelingh, 2011; Sutton et al., 2011).
- Насколько эти процессы могут быть характерны для лесов Московской области, где уровень техногенной эмиссии NO_x сопоставим со средневропейским показателям (Свистов и др., 2004; Безуглая и др., 2007)? Какие индикаторы могут быть использованы для анализа возможных изменений биогеохимического цикла азота в лесных ландшафтах?
- Отчетственными исследованиями (Маслов, 2000; Рысин и др., 2003, 2010; Полякова и др., 2011) выявлен тренд «эвтрофикации» заповедных лесных сообществ центра Русской равнины за период 1950-2000-х гг., что выражается в увеличении числа видов, более требовательных к условиям азотного питания.
- В качестве причин изменения состава лесных сообществ названы процессы естественной смены производных древесных пород коренными и распад древостоя с интенсивным формированием окон, атмосферное загрязнение азотом, потепление климата и др.» (Маслов, 1998).

Цель и задачи проекта

Цель проекта – оценка влияния повышенного поступления минеральных соединений азота с атмосферными выпадениями на современную динамику показателей биогеохимического цикла азота в лесных биогеоценозах Московской области и модельный прогноз изменений масс-баланса азота в ландшафтах ключевых участков при разных сценариях техногенных нагрузок азота.

Задачи проекта:

- Индикация изменений трофического статуса лесов Подмосквья и анализ условий обеспеченности их доступным азотом в период повышенных азотных выпадений в 1970-1990 гг.
- Оценка параметров емкости и интенсивности биологического круговорота азота в схожих типах лесных биогеоценозов при разных уровнях азотных нагрузок.
- Сравнительный анализ основных показателей внутрисочного цикла азота лесных почв (суммарный пул, запасы N в органических и минеральных горизонтах, соотношение минеральных форм, интенсивность нитрификации и др.) при разных уровнях атмосферных нагрузок соединений азота.
- Модельные оценки вклада техногенной эмиссии NO_x и связанного с ней дополнительного поступления в лесные ландшафты азота атмосферных выпадений в изменение основных параметров биогенного и почвенного циклов азота.
- Модельный прогноз динамики биогеохимического масс-баланса азота в лесных биогеоценозах ключевых участков при разных сценариях поступления соединений азота с атмосферными выпадениями.

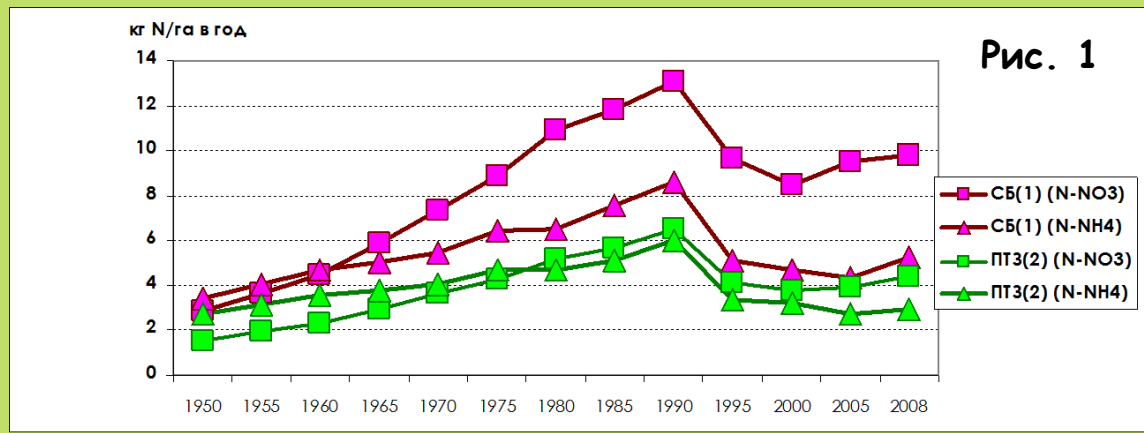


Объекты и методы исследования

- Исследования проводятся на двух ключевых участках, которые рассматриваются в качестве ландшафтов-аналогов. Это биогеоценозы Серебряноборского опытного лесничества (СБ) и Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника (ПТЗ). Широко представленные на их территориях сосновые леса имеют близкий видовой состав древостоев, схожие генезис и химико-морфологические показатели почв. Но в последние 40-50 лет они испытывают разный уровень азотных нагрузок, что позволяет оценить влияние данного техногенного фактора на биогеохимический цикл азота в этих экосистемах.
- Методы, использованные в данном проекте объединяют (а) полевые исследования на ключевых участках (ландшафтно-геохимические, геоботанические, почвенно-биологические), (б) лабораторные химико-аналитические исследования, (в) биогеохимические оценки масс-баланса элементов и (г) математическое моделирование процессов биогеохимического круговорота органического вещества и азота в лесных экосистемах.
- На ключевых участках выполняется общее ландшафтное и детальное геоботаническое описание. Поскольку почвы ключевых участков в морфологическом плане хорошо изучены (Леса Подмосквья, 1965; Сложные боры, 1968 и др.), в рамках исследований по проекту выполняется почвенно-геохимическое опробование верхних гумусовых горизонтов в течение вегетационного сезона (с периодичностью 1 раз в 2-4 недели) и отбор проб из нижележащих горизонтов методом бурения (до глубины 1м). Одновременно, проводятся почвенно-биологические исследования по изучению видовой структуры и характера распределения мезофауны лесных почв.

Результаты проекта за 2014-2015 гг.

(1). Анализ данных о параметрах поступления азота в экосистемы Подмосквья за период 1950-2010 гг. включал (а) оценку динамики интенсивности выпадений в разные временные периоды и (б) анализ соотношения поступающих форм азота. Условия и параметры поступления соединений азота с осадками и за счет сухого осаждения оценивались на основе сопряженного анализа данных из нескольких источников. Проанализированы опубликованные данные мониторинга химического состава атмосферных осадков на станциях наблюдений сети Госкомгидромет СССР и Росгидромет, расположенных на территории Приокско-Террасного заповедника (Даники) и вблизи Серебряноборского лесничества (Немчиновка, Снигири). Проведена обработка данных пространственного моделирования выпадений азота по программы ЕМЕП (рис. 1), выполненных для разных районов Европы, включая ЕТР (анализировались данные, пространственно соответствующие территориям ключевых участков).



СБ(1) – Серебряноборское лесничество (столичная агломерация)
ПТЗ(2) – Приокско-Террасный заповедник (100 км к югу от Москвы)
N-NO₃ – нитратный азот, N-NH₄ – аммонийный азот

(2). Динамика обеспеченности лесов Серебряноборского лесничества азотным питанием по экологическим шкалам выполнена по данным (Рысин и др., 2003, 2010). Более интенсивный рост богатства почв азотом на всех пробных площадях (ПП) был характерен для периода с 1957-61 по 1989-90 гг (рис. 2). В последующие годы (с 1990-1991 по 2003 гг.) уровень обеспеченности фитоценозов азотным питанием практически не изменился.

На всех ПП улучшение условий азотного питания, сопровождалось повышением общего видового богатства травяно-кустарничкового яруса за счет появления видов, требовательных к азотному питанию (эвтрофов и нитрофилов), и сокращения доли видов, характерных для бедных азотом мест обитания (олиготрофов) (рис. 3). Эти изменения в наибольшей степени проявились в период с 1957-61 по 1989-90 гг.

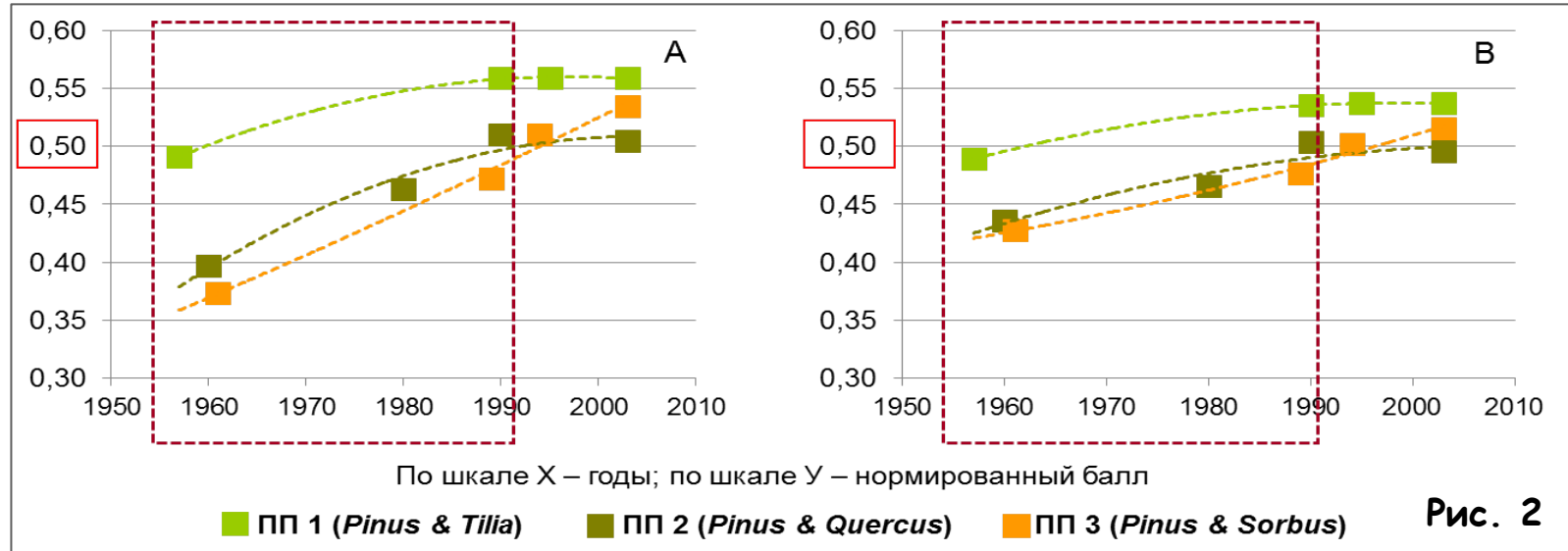


Рис. 2

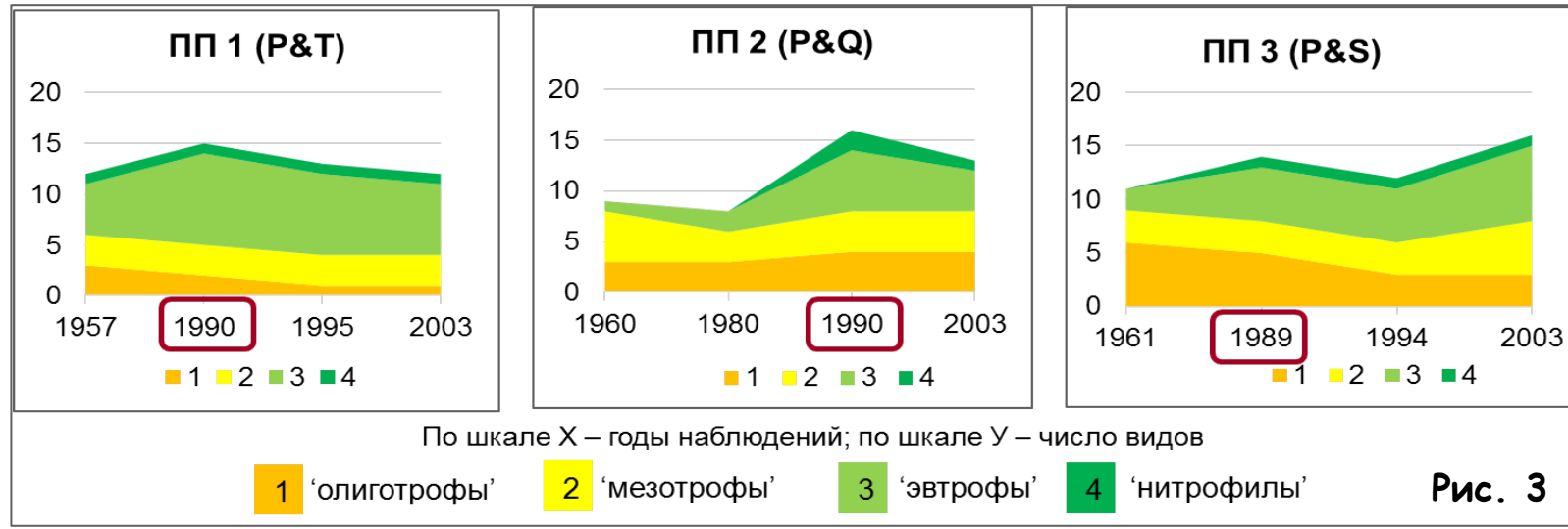


Рис. 3

- Получены оценки основных параметров цикла азота в сложных сосняках Подмосквья, являющихся типичными биогеоценозами аллювиальных террас рек Москвы и Оки. Показано, что, несмотря на высокие запасы биомассы древостоев, характерные для рассматриваемых фитоценозов, емкость их биогеохимического круговорота азота в большей степени определяется пулом органических соединений азота, аккумулированных в почвенном покрове.
- Различия в азотном статусе сосняков Серебряноборского лесничества, выявленные в результате анализа по экологическим шкалам, были подтверждены почвенными данными оценки запасов азота, его доступных форм и отношения C:N в органических и минеральных горизонтах почв. Соответствие результатов параллельных оценок трофических условий конкретных лесных биогеоценозов с использованием балльных экологических шкал и почвенных данных для лесов ЕТР показано впервые.
- По данным проведенных полевых исследований показаны изменения почвенного цикла азота в сосновых лесах Подмосквья, связанные с увеличением в лесных почвах содержания нитратных соединений по сравнению с показателями 1960-х годов.

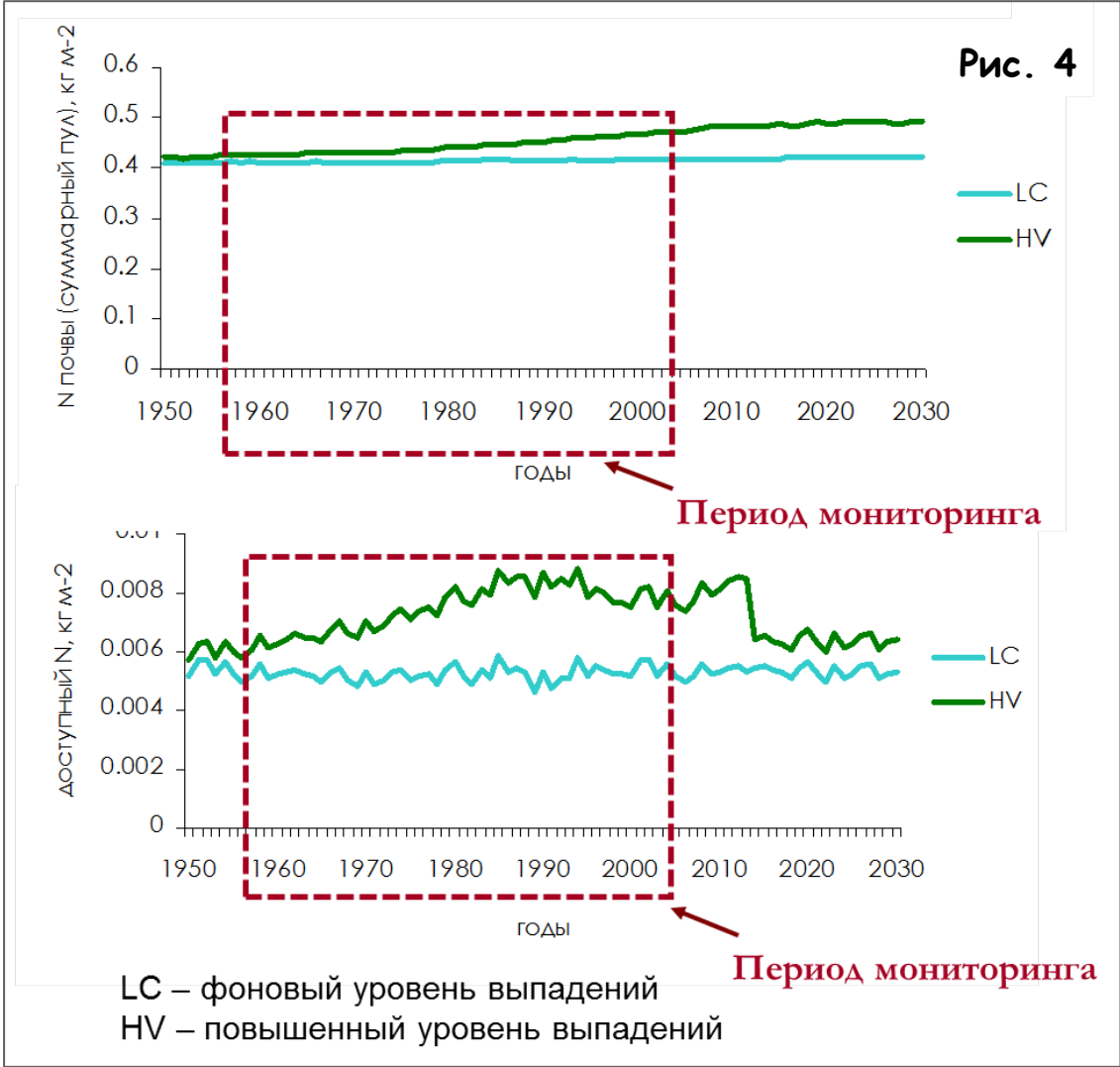


Рис. 4

(6). Получены пилотные оценки динамики биогенного цикла азота в сосняках Серебряноборского лесничества (рис. 4) при разных сценариях поступления азота с атмосферными выпадениями. Модельные эксперименты выполнены с использованием системы моделей EFIMOD-ROMUL (Komarov et al., 2003). Согласно результатам модельных оценок, повышение азотного статуса биогеоценозов соответствует сценарию высоких атмосферных выпадений азота (HV) в столичном регионе в 1970-80х годах. При фоновом поступлении азота с атмосферными выпадениями (LC), который был характерен для лесов ближнего Подмосквья до 1960-х годов (Бобрицкая, 1962), не происходит заметного роста запасов и доступного пула азота почвы, что могло бы доказывать рост обеспеченности фитоценозов азотным питанием.

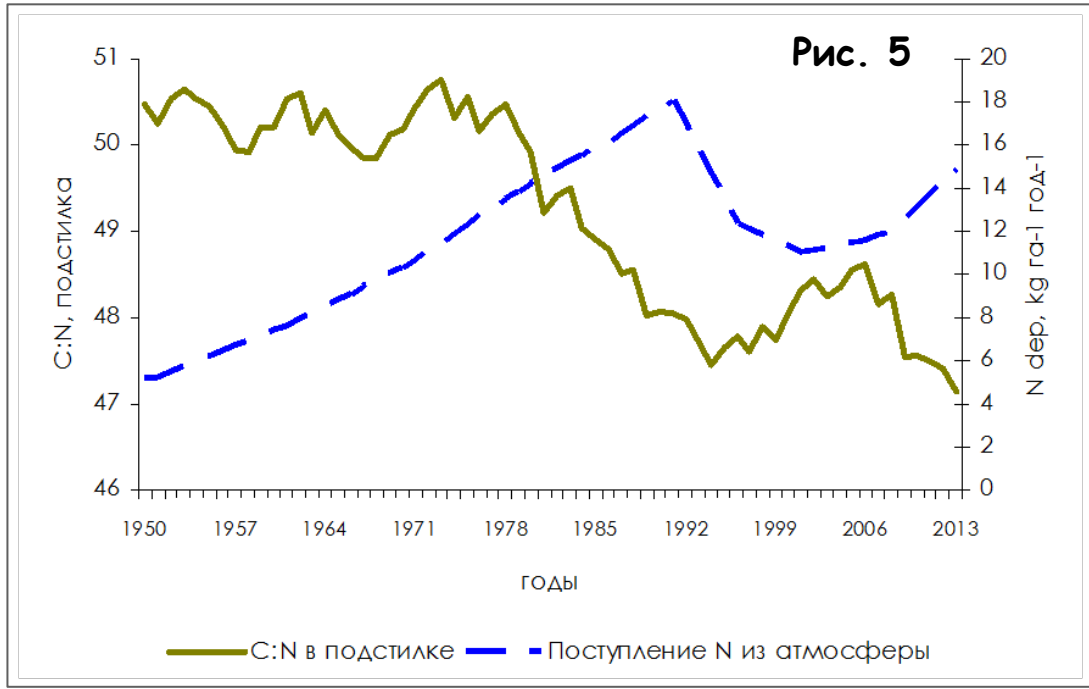


Рис. 5

Публикации по результатам проекта:

- Pripulina I., Zubkova E., Shanin V., Smirnov V., Komarov A. (2014) Evidence of plant biodiversity changes as a result of nitrogen deposition in permanent pine forest plots in central Russia // *Ecoscience*. Vol. 21 no 3-4. pp. 286-300. DOI: 10.2980/21(3-4)-3681.
- Припутина И.В., Зубкова Е.В., Комаров А.С. Ретроспективная оценка динамики обеспеченности азотом сосновых лесов ближнего Подмосквья по данным фитоиндикации // *Лесоведение*. – 2015, № 3. – С. 172-181.
- Pripulina I.V., Zubkova E.V., Komarov A.S. (2015) Retrospective Assessment of the Dynamics of Nitrogen Availability in Pine Forests of the Near-Moscow Region based on the Data of Phytoindication // *Contemporary Problems of Ecology*. Vol.8, No 7. pp.916-924.
- Припутина И.В., Шанин В.Н., Комаров А.С. Динамика запасов и пула доступного азота в сосняках Серебряноборского лесничества: модельные оценки с учетом вклада азота атмосферных выпадений. Математическое моделирование в экологии // Материалы Четвертой Национальной научной конференции с международным участием, 18-22 мая 2015 г. – Пушино: ИФХиБПП РАН. – 2015. – С. 161-162.
- Припутина И.В., Зубкова Е.В. Фитоиндикация условий азотного питания в лесных почвах промышленно-урбанизированного региона. Роль почв в биосфере и жизни человека. Международная научная конференция: К 100-летию Г.В. Добровольского, к Международному году почв; Москва, Россия, МГУ им. М.В. Ломоносова, 5-7 октября 2015 г.: Материалы докладов. – М.: МАКС Пресс. – 2015. – С. 225-227.