



ФАНО РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Российской академии наук

ИФХиБПП РАН

Российская Федерация, 142290 Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, д. 2.
Тел.: (4967)731896; Факс: (4967)330595

E-mail: soil@issp.serpukhov.su <http://www.issp.psn.ru>

ОКПО 51942554; ОГРН 1025007770864; ОКОГУ 1330612; ИНН 5039006892; КПП 503901001

13. 11. 2017 № _____

На № _____

УТВЕРЖДАЮ

И.О. директора Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки

Института физико-химических и
биологических проблем почвоведения
Российской академии наук,

чл.-корр. РАН

А.О. Алексеев

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института физико-химических и биологических
проблем почвоведения Российской академии наук
о диссертационной работе Разгулина Сергея Михайловича
«Цикл азота в экосистемах березовых лесов южной тайги европейской части
России», представленной на соискание ученой степени
доктора биологических наук по специальности 03.02.08 – экология

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследований. Биогеохимический цикл азота (N) привлекает особое внимание исследователей, начиная со второй половины XX столетия в связи с экологическими проблемами эвтрофирования биоценозов, загрязнения воздушной среды и нарушений озонового слоя Земли. Одновременно сохраняется интерес к азоту как ведущему элементу, ответственному за продукционный процесс в большинстве типов экосистем. В 1960-1980-х годах в нашей стране выполнялись исследования по изучению различных аспектов и звеньев азотного цикла. Известны отечественные работы по количественной оценке основных пулов и потоков азота в разных типах лесов (Ремезов и др., 1956; Родин, Базилевич, 1965; Азотфиксация в лесных

биогеоценозах, 1987). В 1990-2000-е годы эти исследования в России практически были прекращены, тогда как в Европе и США, наоборот, проводится масштабный мониторинг и изучение азотного статуса лесов при разных условиях хозяйственной деятельности и антропогенных воздействий (Aber et al., 1998; Boyer et al., 2002; Sutton, 2011). Развитие современной инструментальной базы научных исследований способствовало переходу к изучению процессов внутрипочвенной трансформации соединений азота на микроуровне (в ризосферной зоне растений, в почвенных микроагрегатах) и дало возможность измерять те потоки азота, которые ранее было трудно учесть.

Диссертационная работа С.М. Разгулина является практически единственным примером многолетнего комплексного изучения различных параметров азотного цикла в лесных экосистемах, которое выполнено в России в последние годы. Проведенные диссидентом теоретические и экспериментальные исследования по оценке показателей и анализу соотношений основных параметров масс-баланса азота в экосистемах березовых лесов имеют важное значение для понимания механизмов функционирования данных типов леса и прогноза их продуктивности, в том числе, в условиях изменения климата. Учитывая широкое распространение березняков как вторичных типов леса после рубок хвойных древостоев в бореальной зоне европейской части страны (ЕТР), актуальность данной диссертационной работы не вызывает сомнений.

Научная новизна диссертационной работы С.М. Разгулина не вызывает сомнений. Автором впервые на основе длительных экспериментальных полевых измерений выполнены сопряженные количественные оценки различных ветвей азотного цикла для основных типов березняков подзоны южной тайги ЕТР. Показано, что суммарная минерализация соединений N в почвах за период вегетации составляет в пределах $50-150 \text{ кг N га}^{-1}$, возрастая в ряду березняк (Б.) чернично-сфагновый – Б. кислично-черничный – Б. кисличный, что соответствует продуктивности этих типов древостоев и их трофическому статусу. Для различных вариантов дерново-подзолистых почв выполнены оценки минерализации соединений N, в том числе, в подзолистом горизонте, свидетельствующие о сопоставимых параметрах интенсивности процесса минерализации в органических и минеральных горизонтах лесных почв, что не было отражено ранее в отечественной литературе. Согласно полученным автором данным полевых измерений, потери N из экосистем южно-таежных березняков в результате эмиссии аммиака не превышают $30-60 \text{ г N га}^{-1}$ за сезон, что значительно ниже эмиссионных потоков других соединений азота. На основе экспериментальных определений *in situ* показателей симбиотрофной азотфиксации ольхи серой, как орографического субдоминанта березовых лесов, были получены количественные показатели процесса вовлечения атмосферного N в биогенный круговорот.

Достоверность результатов, полученных С.М. Разгулиным обеспечена всесторонним теоретическим анализом проблемы и применением обширного набора методов.

Практическая значимость результатов для науки и производства.

Выполненные С.М. Разгулиным оценки интенсивности процессов минерализации соединений N в почвах березовых типов леса центра ЕТР могут быть использованы при бонитировке лесных почв как показатель их обеспеченности доступным азотом, что имеет важное практическое значение для обоснования и планирования лесохозяйственных мероприятий. Полученные в работе количественные оценки параметров симбиотрофной азотфиксации в насаждениях ольхи серой могут иметь практическое значение для разработки мероприятий по поддержанию плодородия лесных почв при создании плантаций лесных культур. Данные по оценке эмиссии аммиака из почв под разными типами древостоев могут быть использованы для определения региональных параметров поступления азотсодержащих газов в атмосферу. Рассчитанная для территории бассейна Рыбинского водохранилища регрессионная зависимость выноса соединений азота с почвенно-грунтовым стоком от показателей залесенности водосборных бассейнов и модуля водного стока может быть использована в региональных оценках масс-баланса азота.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа С.М. Разгулина изложена на 292 страницах, включая 65 таблиц и 13 рисунков. Текст диссертации состоит из титульного листа, содержания, введения, 6 глав, заключения, выводов и списка литературы, который насчитывает 387 источников, в том числе 294 в иностранных и переводных изданиях.

Оценка работы по главам

Глава 1. Цикл азота в экосистемах boreальных лесов (обзор литературы): в главе подробно рассмотрены представленные в отечественной и зарубежной литературе данные о внутрипочвенных процессах биогеохимического цикла N и проведен сравнительный анализ интенсивности основных потоков его соединений в лесных экосистемах. Выполненный обзор литературы (изложенный на 95 стр., включая 12 табл.) логично структурирован и в полной мере отражает современные представления о многофакторном влиянии биоты и абиотических условий среды на динамику всех звеньев азотного цикла в наземных экосистемах.

Замечания по тексту главы 1:

1. Есть несоответствие ссылок в тексте и в списке литературы, например, в тексте (Лаврова, 1985) – в списке Лаврова, 1986 и Лаврова, 1988; в тексте (Borman, Gordon, 1984) – в списке Borman, Gordon, 2003; в списке литературы нет приведенной в табл. 1 ссылки на работу (Granhal, Lingbegt, 1978) и другие.
2. Часть ссылок в тексте оформлена не по правилам, например, (Умаров, Кураков, Степанов, 2007) – стр. 44, 1-й абзац; (Казимиров, Морозова, Куликова, 1978) – стр. 72, 1-й абзац; (Ремезов, Быкова, Смирнова, 1959) – там же, 4-й абзац. Должно быть: (Умаров и др., 2007), (Казимиров и др., 1978), (Ремезов и др., 1959).

Глава 2. Объекты и методы исследования: объемом 7 стр. (в том числе 2 табл.) включает характеристику объектов исследования и информацию о полевых, экспериментально-полевых и лабораторных методах исследований, проведенных диссертантом в период 1992-2012 гг.

Замечания по тексту главы 2:

1. Автор довольно кратко, на наш взгляд, изложил материал данной главы, при том, что в работе использован большой набор методов измерений и определения разных количественных показателей цикла N. Текст главы не структурирован, хотя тематика работы предполагает выделение в ней разделов: объекты исследования; методы полевых и экспериментально-полевых исследований; химико-аналитические исследования; статистическая обработка данных.
2. В табл. 13 (Характеристика объектов исследования) следовало бы привести дополнительно информацию, какие полевые исследования были выполнены в каждом из объектов и в какие годы, так как разные параметры азотного цикла изучались автором в разных типах экосистем и в разные годы. Не лишней была бы и сводная информация (график или таблица) о гидротермических условиях (средние температуры и осадки вегетационного сезона) конкретных лет исследования, так как в последующих главах именно этим факторам уделено основное внимание при обсуждении динамики показателей азотного цикла.
3. В описании эксперимента по определению минерализации соединений азота нет информации о размере ячеек сетки пакетов, в которых инкубировались образцы почвы. Соответственно, не ясно, могли ли корни растений прорастать внутрь пакетов, и происходила ли инфильтрация осадков через слой пакета при интенсивных осадках, что могло влиять на содержание минеральных форм азота?
4. В тексте не приведена информация о методах статистической обработки данных, результаты которой используются при анализе и интерпретации полученного материала. Не ясно, какие варианты корреляционного анализа использованы, как (в какой программе) рассчитаны коэффициенты корреляции, почему в последующих разделах диссертации и в таблицах используются разные обозначения коэффициента корреляции (r , R , r^2 , R^2), причем часто на одной и той же странице (стр. 221, 236) или в одной таблице (табл. 16, 34).

Глава 3. Азотфиксация в экосистемах южной тайги: состоит из двух разделов, изложена на 43 стр. (включая 12 табл. и 1 рис.). Раздел 3.1 посвящен анализу результатов измерений несимбиотической азотфиксации, эмиссии метана и CO₂ из почвы, проводившихся в 1993-1999 гг. в двух типах березняков (кислично-черничном и чернично-сфагновом) и на 7-летней вырубке березняка кислично-черничного. Согласно полученным данным, процессы азотфиксации обеспечивали поступление в экосистемы исследуемых березняков примерно 0.5-2 кг N га⁻¹ за вегетацию, а на вырубке этот показатель был равен 0.3-0.5 кг N га⁻¹. Низкие показатели несимбиотической азотфиксации на вырубке связываются

автором с дефицитом углеводного субстрата в результате сокращения листового опада после рубки берескового древостоя, что лимитирует азотфиксацию. Эмиссия CO₂ из почв вырубки была примерно в 1.5-2 раза ниже, чем в березняке, что также объясняется дефицитом баланса органического вещества. Следует отметить, что полученные оценки интенсивности несимбиотической азотфиксации ниже приводимых в отечественной литературе (Азотфиксация..., 1987; Умаров и др., 2007).

В разделе 3.2 анализируются результаты измерений симбиотрофной азотфиксации у отдельных деревьев ольхи серой, проведенные в 1997-1999 гг. на плантации смешанных культур ольхи серой и ели, и в 2000 г. у ольхи серой на стационаре Института лесоведения РАН. Показано, что при плантационном выращивании ольхи серой поступление азота в почвы за счет симбиотрофной азотфиксации может составить от 14 до 38 кг N га⁻¹ за вегетационный сезон. Еще около 75 кг N га⁻¹ поступает в почву плантации с опадом листвы. Суммарно это на 2-3 порядка выше полученных показателей несимбиотической азотфиксации в березняках. Указывается, что факторами, в наибольшей степени регулирующими интенсивность процесса симбиотрофной азотфиксации, являются температура воздуха и осмотический потенциал листьев.

Замечания по тексту главы 3:

1. В разделе 3.1 сезонная и межгодовая динамика показателей несимбиотической азотфиксации анализируется, исходя из влияния на этот процесс факторов температура и влажность почвы. Приведены значения, при которых процесс лимитирован (T_p – ниже 5-10 и выше 25-30 °C, влажность – менее 30-40%). Соответственно, минимально низкие показатели азотфиксации (2-5 мкг N м⁻² ч⁻¹) в березняке кислично-черничном в 1999 г. объясняются засушливыми и жаркими условиями вегетационного сезона этого года (табл. 15). Но аналогично низкие значения (2-8 мкг N м⁻² ч⁻¹) приведены в табл. 18 для второй половины вегетационного сезона 1998 г., когда температуры почвы были оптимальными для азотфиксации.
2. Не очень понятно, зачем в текст диссертации включена табл. 16, т.к. приведенные в ней значения коэффициентов корреляции и соответствующих им уровней значимости свидетельствуют об отсутствии зависимостей между азотфиксацией и гидротермическими условиями в исследуемых почвах.

Глава 4. Минерализация соединений азота в почвах экологического ряда южнотаежных березняков: состоит из 3 разделов, изложена на 54 стр. (включая 27 табл. и 6 рис.). Минерализация оценивалась в полевых условиях в почвах трех типов березняков: кисличном (в 2009-2010 гг.), кислично-черничном (2005-2008 гг.) и чернично-сфагновом (2011-2012 гг.). Оценки суммарной интенсивности минерализации и преобладающих в ней процессов (аммонификации и нитрификации) основаны на данных инкубирования образцов почвы без растений на разной глубине в профиле почв в течение нескольких (примерно равных отрезков времени – 25-28 дней) в период вегетации с мая по сентябрь.

Помимо слоя подстилки и гумусового горизонта, в работе определялись показатели минерализации соединений азота в элювиальных горизонтах. Это позволило получить данные о доступности азота в основном корнеобитаемом слое лесных почв (до глубины 20 см) и оценить вклад разных горизонтов в суммарный почвенный пул минерального азота. По данным работы, аммонификация преобладает в процессах минерализации азота в исследованных почвах в течение всей вегетации, а вклад элювиальных горизонтов в этот процесс (в зависимости от соотношения мощностей органической и минеральной части почвенного профиля) может достигать 50%.

Замечания по тексту главы 4:

1. Для нескольких сроков инкубирования образцов почвы в березняке кисличном были получены отрицательные значения аммонификации и нитрификации, что соответствует ситуации, когда содержание N-NH₄ или N-NO₃ в начале срока инкубации выше, чем в конце. На стр. 210-211 эти потери объясняются «превышением скорости иммобилизации азота микрофлорой над нетто-минерализацией в определенные сроки». Но на рис. 3 близкие к нулю и отрицательные значения нитрификации показаны для сроков сентябрь-октябрь и октябрь-ноябрь, что не исключает, на наш взгляд, возможность вымывания нитратов осадками вниз по профилю.
2. Не ясно, чему соответствуют значения аммонификации и нитрификации, приведенные в строке «Всего» в табл. 43, т.к. в ней приведены значения для разных горизонтов и разных лет?
3. В тексте повторяется стилистически небрежная формулировка «в почвенном профиле 0-20 см (или 0-13, или 0-21)». Правильно: «в *слое* почвы 0-20 см».

Глава 5. Эмиссия амиака из почв различных типов березовых лесов: изложена на 20 стр. (включая 10 табл. и 4 рис.). Структура главы состоит из трех разделов, в которых анализируются данные измерений эмиссии амиака из почв трех типов березняков (в те же годы, что и минерализация), а также из почвы разнотравного луга в 2006 г., где исследования выполнялись параллельно с березняком кислично-черничным. Полученные оценки свидетельствуют о небольших (1-2 кг N га⁻¹ год⁻¹) потерях азота в результате этого процесса из исследованных лесных экосистем.

Замечания по тексту главы 5:

1. Ссылка в тексте (стр. 236) на табл. 50 не верна, правильно – табл. 51.
2. На этой же странице: в тексте при интерпретации полученных результатов измерений приведено несколько обозначений коэффициента корреляции (R , r , r^2) без пояснения различий.

Глава 6. Деструкция органического вещества и минерализация соединений азота в почве кислично-черничного березняка: изложена на 14 стр. (в т.ч. 2 табл. и 2 рис.) и обобщает представленные в диссертационной работе экспериментальные и литературные данные в виде сопряженного анализа масс-

потоков азота в экосистеме березняка кислично-черничного за вегетационный период. Помимо внутриэкосистемных потоков соединений азота, в главе анализируются данные о поступлении азота в экосистемы с атмосферными выпадениями и оценки гидрохимического стока азота с водосборных бассейнов в районе исследования.

Замечания по тексту главы 6:

1. На стр. 242 упоминается разработанная автором «... деструкционная модель, дающая возможность оценить внутрипочвенные потоки углерода и азота в органогенном горизонте почвы березняка». По-видимому, ей соответствует «Блок-схема внутрипочвенных потоков С и N в подстилке березняка...», представленная на рис. 13 (??) Если это так, то не очень понятно, почему модель названа деструкционной, так как на приведенной схеме собственно деструкционный поток углерода (обозначение СД) никак не детализирован, а приведено только значение величины этого потока.

Автореферат. Содержание автореферата в полной мере отражает основные результаты диссертационной работы. Текст автореферата иллюстрирован достаточным количеством таблиц и рисунков. Исключая отдельные опечатки, замечаний к оформлению текста автореферата нет.

Соответствие содержания диссертации содержанию и качеству опубликованных работ. Основные результаты диссертации С.М. Разгулина опубликованы в ведущих отечественных журналах по тематике диссертационного исследования («Лесоведение», «Почвоведение») в объеме, достаточном для докторских диссертационных работ по Положению ВАК.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научные положения диссертации соответствуют паспорту научной специальности 03.02.08 – экология. Результаты проведенного исследования соответствуют области исследования специальности.

Общий вывод

Руководствуясь Положением ВАК, считаем, что диссертация Разгулина Сергея Михайловича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором многолетних исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.08 – экология.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании лаборатории почвенных циклов азота и углерода ИФХиБПП РАН (Протокол №7 от 9.11.2017).

Научный руководитель Института,
заведующий лаборатории почвенных циклов азота и углерода,
член-корреспондент РАН (Отделение биологических наук), профессор,
доктор биологических наук

Кудеяров Валерий Николаевич

E-адрес: kudeyarov@issp.serpukhov.su; Тел. 8 (4967) 31 81 41 (раб.)

Ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования экосистем ИФХиБПП РАН, кандидат географических наук (шифр специальности – 25.00.23 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов), доцент (специальность «геоэкология»)

Припутина Ирина Владимировна

E-адрес: irina.priputina@gmail.com; Тел. 8 (4967) 31 81 64 (раб.)

