



ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора биологических наук Дмитрия Геннадьевича Щепашенко, на диссертацию Анастасии Владимировны Махныкиной “Влияние температуры и влажности на эмиссионные потоки CO₂ с поверхности почвы в сосняках среднетаежной подзоны Средней Сибири”, представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 — Экология (биология)

Актуальность темы. Дыхание почв является одним из основных и, пожалуй, наименее изученным потоком углерода в лесных экосистемах. Его пространственная и временная динамика высока и любые достоверные измерения и попытки моделирования в зависимости от экологических параметров имеют большое значение для понимания роли лесов в глобальных процессах и снижениях неопределённости в оценке углеродного бюджета.

Научная новизна работы определяется долговременными (5 вегетационных сезонов) измерениями почвенной эмиссии углекислого газа в экосистемах с разными типами растительности, а также построением эмпирической модели зависимости дыхания от температуры и влажности почв.

Обоснованность выводов и предложений подтверждается использованием обширного экспериментального материала, а также содержательным анализом объектов исследований и интерпретации полученных результатов.

Результаты исследований доложены на целом ряде семинаров и конференций, в том числе и международных. Опубликовано 8 работ в журналах и сборниках, рекомендованных ВАК, при этом в 6 работах Анастасия Владимировна выступает ведущим автором.

Диссертация изложена на 158 страницах, состоит из введения, шести глав и списка использованных литературных источников, содержит 12 таблиц и 39 рисунков.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

В своём отзыве я уделил основное внимание замечаниям и возможностям по дальнейшему анализу полученного материала, что ни в коей мере не умаляет большое научное значение проделанной работы и её соответствие требованиям, выдвигаемым к кандидатским работам.

Замечания редакционного плана к введению:

1. Стр. 6. Регион проведения исследований назван в одном случае «среднетаежной зоной», а во втором - «подзоной».

2. Стр. 7. «оценкой взаимозависимостей между типом развития территории и почвенной эмиссией». Что подразумевается под «типом развития территории»? и уместно ли здесь слово «взаимозависимость»?

В первой главе приводится обзор литературы о роли бореальных экосистем в глобальном углеродном цикле, факторах определяющих дыхание почв и методиках измерения дыхания, а также описаны подходы к моделированию почвенной эмиссии в лесных экосистемах.

К этой главе имеются следующие замечания.

1. Стр. 19. Ссылка на концентрации углекислого газа в атмосфере (Solomon et al., 2007) несколько устарела. Лучше ссылаться на ежегодно публикуемые данные <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>, где для 2019 года указано 409 ppm.
2. Стр. 15. Говорится о неопределенностях в оценках углеродного бюджета лесов России ссылаясь на две оценки, одна из которых (Курганова, 2008) рассматривает наземные экосистемы в целом, а вторая (Nilsson, 2000) – полный углеродный бюджет страны, включая промышленность в 1990. Обе ссылки устарели и несопоставимы, при том, что позже в диссертации появляются ссылки на актуальные оценки углеродного бюджета лесов: Замолодчиков и др., 2013; Швиденко и др., 2014; Mukhortova et al. 2015.
3. Стр. 28. «... изменения землепользования (например, лесозаготовки, земледелие...)». Лесозаготовки и земледелие не являются изменением землепользования, это просто землепользование.

Редакционные замечания:

1. Стр. 10. «преобладания дыхательной активности над процессами фотосинтеза» - требуется редактирование, имеется в виду, что отношение дыхания к фотосинтезу выше в бореальной зоне по сравнению с умеренными лесами.
2. На странице 13 “Чистое поглощение экосистемы (NEU)”, возможно имеется в виду net ecosystem carbon exchange (NEE).
3. Опечатки, страница 13: «... юбло направлено на улучшение ...», «(юиогеохимичесикх)», «Было получена, что ...»
4. Стр. 13. «высокоразвитый, органический слой, который покрывает минеральную почву». Высокоразвитый, в смысле, что прошел длительную историю развития – видоизменения или просто мощный? Органический горизонт не просто покрывает минеральные, но и связан с ними генетически.
5. Стр.17. «Выход органического вещества в атмосферу» - требуется редактирование.
6. Стр. 19. В определении чистой экосистемной продукции должно быть заменена чистая первичная продукция на валовую: $NEP = GPP - R$

7. Стр. 25, 29 Используется аббревиатура NEE, которая не указана в списке сокращений на стр. 9.
8. Стр. 25. «Показано, что C:N в почве стимулирует дыхание почвы». Само соотношение C:N не может стимулировать, а скорее его определённое (низкое?) значение.
9. Стр. 27. «еловых лесах (Douglas fir)». Псевдотсуга не является елью.
10. Стр. 27. «текстура почвы» - это видимо перевод с английского «soil texture»? В таком случае имеется в виду гранулометрический состав почвы.
11. Стр. 30. «Чтобы точно оценить бюджеты C в конкретных экосистемах необходимо учесть мелкомасштабные пространственные изменения в дыхании почвы.» По моему мнению, здесь имеются в виду «крупномасштабные» изменения (рассмотрение вблизи, в отличие от мелкомасштабного – рассмотрения больших объектов издалека).
12. Стр. 31, автореферат стр.6. «... интегрированные по ландшафту измерения могут быть получены методом микровихревых пульсаций в ночное время». Следовало бы чётче сформулировать, что «методом микровихревых пульсаций в ночное время» оценивают экосистемное дыхание, в котором дыхание почв выступает одной из составляющих, доля которой априори (без дополнительных измерений) не известна.
13. Стр. 33. Аббревиатура «Ресо» используется первый раз без расшифровки.
14. Автореферат, стр. 6. «глобальной величины почвенной эмиссии CO₂ составляют порядка 80 Гт в год». Необходимо уточнить, что это величина в углероде, а не в CO₂.

Вторая глава посвящена характеристике района исследований.

Принципиальных замечаний по этой главе не имею.

Редакционные замечания:

1. Странице 47, рис.2. Требуется ссылка на карту зональности.
2. Стр. 49. Годовое количество осадков во втором абзаце указано 350-500 мм, а в последнем абзаце – 590 мм.

Третья глава описывает проведение эксперимента, методики полевых работ и обработки данных, а также даёт характеристику объектов исследований.

Замечания:

1. В большинстве научных работ под дыханием (эмиссий CO₂ с поверхности) почв понимают две составляющие: автотрофное дыхание корней и гетеротрофное дыхание возникающие при разложении органического вещества микроорганизмами. В данной работе судя по рис. 4 на стр. 54 включена ещё одна составляющая – дыхание живого напочвенного покрова. Это важная особенность, которую необходимо иметь в виду при сравнении результатов с другими исследованиями.

2. В главе отсутствует полноценное описание почв, что важно при рассмотрении различных экосистем. Предполагается, что почвы на всех экспериментальных участках одинаковы (песчаные подзолы). Но судя по тому, что запасы углерода отличаются в 2 раза, то различия существенны. Это подтверждается также утверждением, что «сосняк зеленомошный не испытывает дефицита по влажности почв ... благодаря близкому к поверхности залеганию грунтовых вод» (впервые встречается в главе 4, стр. 71). Простое морфологическое описание почв экспериментальных участков прояснило бы значительное число вопросов. Например, такой: содержание углерода почвы на нарушенном участке выше, чем в сосняке зеленомошном (рис.9, стр. 67). Где же сосредоточен почвенный углерод на нарушенном участке при «отсутствии растительного покрова и органических горизонтов почвы» (стр. 79)? Описание почв помогло бы объяснить различия в дыхании почв различных экосистем.
3. Какова история «нарушенного» участка? Гарь, вырубка, и как давно произошло нарушение? Были ли обнаружены мёртвые корни в почве? Их наличие может существенно определять дыхание почв. Только в следующей главе (стр. 83) впервые появляется информация о происхождении «нарушенный участок сосняка лишайникового».
4. Запасы корней в почве приведены в процентах - «Доля корней, % от общего запаса Сорг (до глубины 50 см)» (стр. 57, табл. 2), что не привычно. Корни традиционно рассматриваются как включение (внешнее тело) и не входят в органическое вещество почв. Что подразумевается под «общий запаса Сорг»? Органическое вещество почвы + корни? Или же ещё добавлен живой напочвенный покров, о чём можно предположить из табл. 4 (стр. 69)? Если бы в таблице 2 были представлена масса корней, то этот вопрос не возник бы.

Редакционные замечания:

1. Название главы («Измерение и анализ эмиссионных потоков CO₂ из почвы») с моей точки зрения выбрано неудачно. От такого названия ожидаешь результатов измерения дыхания, а их в этой главе нет. Её можно было бы назвать традиционно: «Методика работ и описание эксперимента».
2. Автореферат, стр. 9. Нумерация экспериментальных участков не верна в подписях к рисунку 1 (см. корректные подписи на рис.9, стр. 67 диссертации).
3. Стр. 56, табл. 2. Для какого периода приводятся температура и влажность почв?
4. Стр. 67, стр. 69, табл. 4. «Вклад корней растений», Слово «вклад» лучше подходит для описания, например, вкладе автотрофного дыхания почвы в её общее дыхание. В данном же случае речь идёт о доле массы корней в подземном (?) органическом углероде.

В четвёртой главе рассмотрена динамика (суточная, сезонная и межгодовая) эмиссии CO₂ с поверхности почв.

Проведён важный эксперимент по измерению потока CO₂ в сосняке лишайниковом с удалением живого напочвенного покрова. Установлено, что вклад живого

напочвенного покрова в суммарное дыхание составляет 15%. Хотелось бы видеть дополнительный статистически анализ, например, достоверность различия и (если позволяют исходные данные) динамику на протяжении вегетационного сезона.

Редакционные замечания:

1. Типы растительности (сосняк лишайниковый, сосняк зеленомошный, смешанный лес, нарушенный) названы по-разному: «типами растительного покрова» (напр., стр. 71), «тип напочвенного покрова» (напр., стр. 81), «тип экосистемы» (напр., стр. 87). В других главах для них также используется термин «типы развития территории» (стр. 7). Имело бы смысл стандартизировать название.
2. Стр. 95. «выявлена отрицательная зависимость от температуры воздуха». Хорошо бы пояснить лишний раз, что в данном случае рассматриваются средние температуры за 5 сезонов и сложно выявить зависимость по 5 точкам, при том что межсезонная вариация средней температуры минимальна.

Глава 5 посвящена рассмотрению зависимости эмиссий CO_2 от температуры и влажности почвы. В том числе рассмотрен очень интересный эксперимент с дождеванием, подтвердившим что как недостаточная, так и избыточная влажность приводит к ингибированию почвенного дыхания.

По данной главе имеются следующие замечания редакционного характера.

1. Стр. 100 «при измерениях участках на малых масштабах». Видимо речь идёт о крупном масштабе.
2. Стр. 103, рис. 26. Рисунок содержит синие и красные точки, в то время как в подписи к рисунку говорится о «светлых» и «тёмных точках».
3. Стр. 105. Нет ли противоречия в этих двух предложениях:
 - «На всех лесопокрытых ЭУ при экстремально низкой влажности почв наблюдалась тесная связь между потоком CO_2 и температурой почвы»
 - «Для группы измерений ... испытывающей воздействие дефицита влаги зависимость потока CO_2 от температуры низкая, для всех лесопокрытых участков»
4. Стр. 106. «На всех лесопокрытых ЭУ ...» Повтор параграфа со страницы 105.
5. Стр. 109 «Были выбраны 4 уровня по количеству осадков – 0%, 25%, 50% и 100% (естественные условия увлажнения) от выпавшего количества осадков». Видимо имеется в виду уровень дождевания в дополнение к основному фону осадков.
6. Стр. 111 «участок со 100% количеством осадков» - видимо имеется в виду участок со 100% увеличением количества осадков (естественные осадки + 100% дождевание), то есть участок с 200% количеством осадков.

Глава 6 рассматривает моделирование сезонного потока почвенной эмиссии CO_2 в зависимости от температуры и влажности почвы.

По данной главе имеются следующие замечания и предложения.

1. Стр. 118. Не ясно для какой из моделей: первой или второй (см. стр.116) приводятся коэффициенты в табл. 12. Возможно первой, так как в автореферате приводится только эта модель (с линейной зависимостью от влажности).
2. Стр. 118. Валидация модели с исключением поочередно одного из годов измерений представляется возможным, но не самым удачным вариантом, так как некоторые годы являются уникальными по метеорологическим показателям. Тем самым мы исключаем существенный диапазон измерений из исходных данных, на которых строится модель. Таким образом неопределённости скорее всего завышены и это можно считать консервативной оценкой. В будущем можно использовать для валидации 20% случайно отобранных измерений. Например, бутстрэп (bootstrapping) позволил бы получить доверительные интервалы и оценить точность модели более аккуратно.
3. Стр. 122 «Средние коэффициенты, полученные для всех участков, были использованы для построения модели, описывающей изменение почвенной эмиссии». Среднее арифметическое из регрессионных коэффициентов, вычисленных за отдельные года, будет отличаться от результатов регрессионного анализ проведённого для всего массива исходных данных (за все года наблюдения) вместе. Последнее позволило бы построить более адекватную модель и аккуратно оценить неопределённости.

Редакционные замечания:

1. Стр 116. Имело бы смысл указать что уравнения 1 и 2 использованы для моделирования почвенной эмиссии CO_2 в единицах $\mu\text{моль CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$
2. Стр. 116-117. Модель зависимости температуры (влажности) на пробных площадях от температуры (влажности) на станции постоянного наблюдения (EDDY) вставлено в середину описания модели почвенного дыхания. На мой взгляд модель температуры (влажности) нужна только для табулирования моделей почвенной эмиссии за пределы имеющихся измерений. В таком случае эту модель следует описать позже.
3. Стр. 118. Только что (таблица 11) шла речь о зависимости температуры на пробной площади от температуры на станции постоянного наблюдения (EDDY), а вывод делается о точности модели почвенной эмиссии.

Замечание к Выводам

1. Стр. 133. «Тип экосистемы влияет на почвенную эмиссию CO_2 : величина эмиссии в смешанном лесу в 2 раза превышает эмиссии в сосняках лишайниковом ...». Тип экосистемы не сводится к типу растительности и величина эмиссии скорее всего также зависит от особенностей почв под этими типами растительности, о которых стоит упомянуть.

Заключение

Диссертация, выполненная Анастасией Владимировной Махныкиной, содержит совокупность научных результатов и положений, имеющих теоретическое и практическое значение, свидетельствует о личном вкладе автора в проведении эксперимента и анализе данных, необходимых для понимания функционирования сосновых лесов средней тайги и их углеродном бюджете.

Работа выполнена на основании значительного объёма экспериментального материала и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Результаты доложены на многих конференциях и опубликованы в журналах рекомендованных ВАК.

Я рекомендую опубликовать первичные измерения, которые имеют большую научную ценность. Это могло бы существенно увеличить цитируемость работы и обеспечить использование полученных измерений в региональном и глобальном моделировании.

Диссертационная работа полностью соответствует всем критериям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата биологических наук, а её автор, Анастасия Владимировна Махныкина, заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 — Экология (биология).

Официальный оппонент
доктор биологических наук
7 января 2020 г.



Щепашенко Д.Г.

Подпись Щепашенко Д.Г. заверяю

I confirm that Dmitry Schepaschenko signed this document

Cynthia Festin,
Professional,
Ecosystems Services and Management program, IIASA



IIASA INTERNATIONAL INSTITUTE
FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS
A-2361 LAINENBURG, VIENNA, AUSTRIA