

ОТЗЫВ

Официального оппонента Дюкарева Егора Анатольевича на диссертацию Махныкиной Анастасии Владимировны на тему: «Влияние температуры и влажности на эмиссионные потоки CO₂ с поверхности почвы в сосняках среднетаежной подзоны Средней Сибири» по специальности 03.02.08 – Экология (биология) (биологические науки) на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Актуальность темы исследования обусловлена важностью получения надежных количественных оценок потоков углерода в лесных экосистемах бореальной зоны. Почвы бореальной зоны содержат значительные запасы углерода, который потенциально может перейти в атмосферу вследствие увеличения почвенной эмиссии в условиях современного потепления климата. Дыхание почвы в течение вегетационного сезона тесно связано с изменениями абиотических факторов, важнейшими из которых являются температура и влажность почвы. Поскольку изменения температуры и влажности почвы часто коррелируют между собой, то независимое влияние каждой переменной трудно выделить или интерпретировать. Построение адекватной модели почвенной эмиссии углекислого газа для разных типов экосистем, учитывающей совместное воздействие температуры и влажности почвы, необходимо для масштабирования локальных наблюдений за потоками почвенной эмиссии и оценки суммарного годового выделения углерода лесами бореальной зоны.

Основная цель диссертационной работы заключалась в установлении закономерностей воздействия абиотических факторов (температуры и влажности почвы) на потоки углекислого газа с поверхности почвы в сосняках среднетаежной подзоны Средней Сибири. Для этого автором оценивалась пространственная и временная изменчивость почвенной эмиссии CO₂ в разных типах экосистем и на различных временных масштабах; проанализировано

влияние основных факторов окружающей среды (температура, влажность почвы) на формирование потока CO_2 ; определено пороговое значение влажности почвы, обеспечивающее максимальную почвенную эмиссию; и разработана адекватная модель сезонного потока почвенной эмиссии CO_2 для разных типов экосистем среднетаежной подзоны Средней Сибири.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, шести глав и выводов. Текст работы изложен на 158 страницах, содержит 39 рисунков и 13 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее основные цели, задачи и положения, выносимые на защиту. Указана научная новизна и практическая значимость, а также определен личный вклад автора. Приведен перечень конференций и школ, на которых состоялась апробация полученных автором результатов, а также список программ и грантов, в рамках которых выполнена работа.

В **первой главе** дан краткий обзор работ, посвященных исследованию эмиссии углекислого газа почвами лесов таежной зоны, показана важная роль почвенного дыхания бореальных лесов в глобальном углеродном цикле. Анализ литературных данных позволил автору установить ключевые внешние факторы, контролирующие интенсивность почвенной эмиссии. В первой главе также перечислены существующие методики и подходы к измерению и моделированию почвенной эмиссии в лесных экосистемах.

Во **второй главе** приведены орографическая и климатическая характеристика района исследований, кратко описан растительный покров.

В **третьей главе** описаны проводимые эксперименты по измерению почвенного дыхания в основных типах лесных экосистем, характеристика наземного и почвенного покрова участков экспериментальных исследований. Дано обоснование использованной в работе периодичности измерений потоков углекислого газа в поверхности почвы.

В четвертой главе представлены результаты проведенных экспериментов, закономерности суточного, сезонного хода и многолетней изменчивости потоков углекислого газа на различных экспериментальных участках. С помощью корреляционного и дисперсионного анализа показано влияние почвенного покрова, корневой системы растений и климатических факторов на интенсивность потоков. Проведено сопоставление полученных результатов с литературными данными.

Пятая глава диссертации посвящена исследованию зависимости почвенной эмиссии CO_2 от температуры и влажности почвы. Автором показана важность учета влажности почвы в построении модельных оценок почвенной эмиссии как на основе анализа результатов натуральных наблюдений, так и и манипуляционных экспериментов.

В шестой главе представлены результаты оценки сезонного потока почвенной эмиссии углекислого газа по предложенным авторам модельным соотношениям, включающим экспоненциальную зависимость от температуры и линейную или квадратичную зависимость от влажности почвы. Проведено сравнение моделей, показаны ошибки аппроксимации моделей и сделан вывод о необходимости учета влажности почвы при рассмотрении участков с разными типами почвенного покрова и в сезоны, отличающиеся по степени увлажнения.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации А.В. Махныкиной представлены результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость. Показана необходимость постоянного и систематического мониторинга почвенной эмиссии в лесных экосистемах. Продемонстрировано, что в пределах одного типа почв величина почвенной эмиссии CO_2 определяется типом почвенного покрова. Установлено, что условия увлажнения выступают основным лимитирующим фактором для почвенной эмиссии CO_2 на песчаных подзолах в активной части вегетационного сезона и усовершенствование

экспоненциальной модели почвенной эмиссии CO_2 для конкретного региона среднетаежных лесов позволяет более детально описать сезонную динамику почвенной эмиссии CO_2 .

Значимым вкладом научной работы в развитие теоретической базы существующих данных по почвенной эмиссии углерода являются актуализированные оценки, необходимые как для составления бюджета углерода лесных экосистем, так и для верификации глобальных моделей растительного покрова. Включение влажности почвы в модель расчета эмиссии, позволяет более точно оценить вариации потока CO_2 с поверхности почв с учетом особенностей вегетационного сезона. Практическая значимость работы обусловлена возможностью получения корректных оценок аккумулирующей роли таежных лесов Средней Сибири в региональном и глобальном цикле углерода.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов диссертации обусловлена использованием большого объема результатов натурных наблюдений, полученных с помощью высокоточной измерительной аппаратуры; применением в исследовании математического аппарата (статистических методов и математического моделирования); хорошим согласием результатов модельных оценок и данных наблюдений. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на многочисленных конференциях и научных семинарах, опубликованы в рецензируемых научных журналах.

По диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

Климатическая характеристика территории (с.48) приведена без привязки в временному интервалу. За какой период получены данные о средней температуре воздуха, сумме осадков и пр.? Такой же вопрос и к таблице 2 (с.57): для какого временного интервала и глубины получены оценки температуры и влажности почвы.

В разделе 3.2, посвященному методу измерения почвенной эмиссии, отсутствует описание способа расчета потоков из данных измерений содержания углекислого газа в камере. За какой временной интервал получена оценка скорости изменения концентрации? Для расчетов использована линейная или нелинейная модель роста концентрации?

В ходе экспериментов автором фактически определена величина эмиссии углекислого газа с поверхности напочвенного покрова, включающая дыхание растительности и почвы. В четвертой главе диссертации даже есть оценки вклада дыхания корней и лишайников (с.84) в общую эмиссию. Однако не ясно в дальнейших расчетах использована ли эта информация, поскольку автор говорит только о почвенной эмиссии.

В таблице 7 (с.92) вероятно приведена продолжительность не бесснежного, а безморозного периода, поскольку для его определения использованы данные о температуре почвы на глубине 2-4 см. Рост температуры почвы начинается после исчезновения мерзлого слоя в почве, а не исчезновения снежного покрова.

Наименования параметров в модели почвенной эмиссии с учетом влажности почвы даны некорректно (с.116). E_0 по своему смыслу не начальное значение потока, а величина базовой эмиссии при определенных условиях, α и β – не нормирующие коэффициенты, а параметры отражающие чувствительность потока к изменениям температуры и влажности. Параметр β_0 можно положить равным 1, что упростит нахождение остальных параметров не изменив физического смысла модели.

Для модели Мильника-Дугаса получена очень большая ошибка аппроксимации (с.129). Была ли выполнена калибровка модели по результатам измерений для исследуемых экосистем или для этой модели использованы параметры, определенные в работе (Mielnick, Dugas, 2000)?

Замечания редакционного характера:

Главы 2 и 3 можно было объединить в одну главу, так же, как и главы 5 и 6.

В тексте диссертации множество опечаток и орфографических ошибок.

Список сокращений в работе не полный. Многие сокращения, используемые в тексте не внесены в список сокращений (с.9).

Список литературы не соответствует ссылкам в тексте диссертации. Например, в нем отсутствуют работы Nillson, 2000; FAO, 2009; Van Cleve et al., 1990; Schlentner and Van Cleve, 1985. Ссылка на работу 1898 г. с результатами измерений почвенной эмиссии в лесах Канады (Van't Hoff, 1898), вероятно ошибочная (с.82).

Радиационный баланс должен быть приведен в единицах СИ (Дж/м²), а не внесистемных единицах (ккал/см²) (с.48).

Сформулированные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Общее заключение. Основные результаты диссертации опубликованы в материалах и сборниках конференций, а также в 7 научных статьях в рецензируемых журналах, включенных ВАК в перечень ведущих периодических изданий. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации и характеризуют результаты проведенных исследований.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Махныкиной Анастасии Владимировны представляет собой законченное научное исследование, содержащее новые, актуальные и значимые теоретические и практические научные результаты. Результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 03.02.08. Диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018) «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук, по специальности 03.02.08 – Экология (биология) (биологические науки).

Дюкарев Егор Анатольевич



кандидат физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник лаборатории физики климатических систем,

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО
РАН

пр. Академический 10/3, 634055, Томск, Россия

тел.(3822)491565 egor@imces.ru, www.imces.ru

Подпись Дюкарева Е.А. удостоверяю

Ученый секретарь ИМКЭС СО РАН

к.т.н.

тел.(3822) 492946 e-mail: post@imces.ru



Дюкова Ольга Васильевна

10.01.2020