

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата биологических наук Сушко Софьи Владимировны
на тему: «Эмиссия двуокиси углерода и микробное дыхание почв разных
экосистем подтайги и лесостепи (Московская и Курская области)»
по специальности 03.02.13 – «Почвоведение» (биологические науки)

Актуальность темы диссертации. Постоянный рост концентрации углекислого газа в атмосфере привлекает повышенный интерес ученых всего мира в связи с наблюдаемыми изменениями климата в последние десятилетия. Почвы являются мощным наземным источником CO₂, эмиссия CO₂ с поверхности почвы значительно превышает поток CO₂ от сжигания ископаемого топлива. Кроме того, отмечается некоторый рост эмиссии CO₂ почвами, который связывают с потеплением климата. Тем не менее множество вопросов о процессах и закономерностях почвенной эмиссии CO₂ до сих пор остаются слабо изученными, в частности недостаточно данных о пространственном и временном изменении эмиссии CO₂ в разных климатических зонах, при различном землепользовании и т.д. Исследования, посвященные изучению эмиссии CO₂ почв в разных экосистемах и разных природных зонах России, являются весьма актуальными. Роль микроорганизмов в процессах эмиссии углекислого газа давно известна, деятельность микроорганизмов обеспечивает 2/3 величины потока. Изучение активности микрофлоры *in situ* в разных нативных и антропогенно-нарушенных экосистемах также представляется актуальным вопросом, поскольку количественные оценки микробной биомассы в почве и ее дыхательной активности позволяют оценить направленность и скорость биогеохимических циклов и возможно выявить изменения, происходящие в экосистемах. Детальное исследование взаимосвязи эмиссии CO₂ и ее микробных свойств в различных климатических зонах может быть использовано при выполнении прогнозных оценок и моделировании

углеродного цикла экосистем, в том числе и при климатических и антропогенных изменениях.

Диссертационная работа Сушко Софьи Владимировны посвящена изучению эмиссии CO_2 почвами в разных экосистемах подтаежной и лесостепной растительных подзон европейской России оценке доли ее микробной составляющей *in situ*, микробной биомассы, ее «потенциальной» дыхательной активности *in lab*, для выявления взаимосвязи этих показателей с почвенными свойствами. Актуальность представленной работы не подлежит сомнению и направлена на решение фундаментальных научных проблем, касающихся выявления закономерностей биогеохимического цикла углерода, что также актуально для глобальных прогнозов углеродного баланса и климатически обусловленных изменений экосистем и ландшафтов на планете.

Автором проведен детальный анализ имеющихся исследований, посвященных этому вопросу, показано что степень изученности, особенно для территории России, недостаточна. Сушко С.В. изучена эмиссия CO_2 и микробное дыхание почв естественных, пахотных и городских экосистем подтаежной и лесостепной растительных подзон (Московская и Курская области) в течение вегетационного периода. Оценен вклад микробного дыхания в эмиссию CO_2 разных почв и экосистем. Определены микробные, химические и физические свойства исследуемых почв. Проведено сравнение микробного дыхания дерново-подзолистых почв и черноземов разных экосистем, измеренное в полевых и лабораторных условиях. А также оценен биогенный и антропогенный (автотранспорт) потоки CO_2 для территории г. Москвы. Исследования выполнены с использованием современных методических подходов.

Научная новизна. Сушко С.В. впервые определено микробное дыхание *in situ* методом субстрат-индуцированного дыхания (модифицированного для полевых условий) для почв естественных и городских экосистем подтайги и лесостепи, который также позволяет учитывать и дыхание ризосферных микроорганизмов.

Впервые показано, что базальное дыхание верхнего 10-ти см слоя почвы измеренное в лабораторных условиях сопоставимо в среднем с микробным дыханием *in situ*. Выявлены корреляции почвенной эмиссии CO₂ разных экосистем подтайги и лесостепи с содержанием микробной биомассы и органического углерода в почве и скоростью базального дыхания. Впервые рассчитан биогенный поток углекислого открытыми территориями мегаполиса, величина которого за вегетационный период вдвое превышала антропогенный (выбросы от автотранспорта).

Теоретическая и практическая значимость. Полученные автором результаты вносят существенный вклад в понимание пространственного варьирования почвенной эмиссии CO₂ в разных растительных подзонах европейской части России. Полученные результаты могут быть включены в отечественную и международную базы данных по эмиссии CO₂ почвы и использоваться при моделировании региональных и глобальных потоков. Отработанная методика разделения эмиссии CO₂ почвы на микробную и корневую составляющие методом субстрат-индуцированного дыхания, может быть рекомендована для использования в научных исследованиях, связанных с изучением источников и потоков углерода в наземных экосистемах.

Личный вклад автора. Фактические материалы, положенные в основу диссертационной работы получены автором самостоятельно. Автором изучены и обобщены литературные данные по теме исследования; выполнены полевые измерения, отбор почвенных образцов и их лабораторные анализы. Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны, интерпретированы и подготовлены для научных публикаций лично автором.

Обоснованность и достоверность данных, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа. Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами натурных измерений, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, в опубликованных работах. Защищаемые положения диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научных

конференциях, в том числе и на международных. По представленным материалам диссертации опубликована 31 работа: 7 статей в научных журналах (из них 5 – включены в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, 1 – рекомендован ВАК, 1 – в другом рецензируемом издании) и 24 тезиса в сборниках отечественных и международных конференций.

Диссертация изложена на 137 страницах, состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка литературы. Содержание и структура рукописи соответствуют требованиям, предъявляемым к оформлению диссертаций. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Тем не менее, к представленной работе есть ряд замечаний и вопросов:

1. При оценках влияния глобального потепления часто приводятся данные об увеличении эмиссии CO_2 с поверхности почв, но к сожалению, мало внимания уделяется тому, что параллельно с увеличением эмиссии увеличивается и сток углерода в процессе фотосинтеза. Поэтому важно учитывать все составляющие углеродного баланса при проведении глобальных оценок.
2. При описании объектов исследования приводятся только среднемноголетние погодные условия для территории подтайги и лесостепи, а какие были условия в год исследования (2015) – это важно, так как в зависимости от погодных условий может значительно изменяться величина эмиссии, в том числе учитывая, что полученные автором данные, предлагается использовать для моделирования потоков углекислого газа.
3. Согласно представленному описанию методики проведения измерений каждый месяц камеры устанавливались на новое место, насколько они соответствовали друг другу эти участки? Как убирали корни из оснований до глубины 15 см, если основания врезались только до 10 см? На стр. 45 приводится формула расчета микробного дыхания - это формула получена из литературных данных или выведена самостоятельно?
4. Величины эмиссии CO_2 полученные в период с 10 до 16 часов автор считает близкими к среднесуточным значениям, ссылаясь на работы Визирской М.М.

(2014), и Саржанова Д.А. с соавт. (2015). Однако в этих работах указывается, что величины, полученные после 12 часов дня, имеют более высокие значения по сравнению со среднесуточной величиной. Это также подтверждается и нашими исследованиями эмиссии CO_2 болотными экосистемами - в летнее время оптимальным периодом измерений является период с 10 до 13 часов, более поздние измерения могут привести к переоценке суточного потока CO_2 на 25-50 % (Головацкая, Дюкарев, 2011)

5. На стр. 55 указывается, что годовые потоки CO_2 за последние 20 лет снизились на 20 % (Курганова и др., 2007; Курганова и др., 2017), а в литературном обзоре говорится о том, что почвенная эмиссия CO_2 выросла на 0.1 Гт С в год. Как эти данные соотносятся?

6. Не совсем понятно за счет чего в мае на лугу в подтаежной зоне получены такие высокие значения (рис. 17)?

7. При удалении верхних слоев почвы резко возрастает эмиссия CO_2 , максимальные потоки достигают 397 и 250 $\text{гCO}_2/\text{м}^2\text{сут}$. Как часто повторяются эти высокие значения? При каких условиях? Не может ли это быть ошибкой измерений?

8. Измерения базального дыхания проводились в лабораторных условиях при температуре 22 °С. Эти измерения сравнивались с полевыми измерениями, а при каких условиях проводились эти полевые измерения? Насколько правомерно их сравнивать, тем более что при сравнении ежемесячных данных видно, что разница между БД и МД может быть значительная. А в среднем получается сопоставимая величина.

9. На рис. 5 автореферата по-видимому допущена опечатка в подписи оси X для базального дыхания в лесостепи.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 03.02.13 – «Почвоведение» (по

биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Сушко Софья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.13 – «Почвоведение».

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук, профессор РАН,
директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского
отделения Российской академии наук» (ИМКЭС СО РАН)

Головацкая Евгения Александровна

18.12.2019

Контактные данные:

тел.: 7(3822)492424, e-mail: golovatskayaeva@gmail.com

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

03.02.08 – Экология (биологические науки)

Адрес места работы:

634055, г. Томск, пр. Академический, д. 10/3,
ИМКЭС СО РАН

Тел.: +7(382-2) 492-265; e-mail: post@imces.ru

