

ББК 28.088(2Рос=Рус-4 Пс)лб
ИЗ9

Печатается по решению НТС НП «Валдайский»

Составление и общая редакция
В.И. Николаев, д-р биол. наук

Изучение и охрана природного и исторического наследия Валдайской возвышенности и сопредельных регионов: Материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 25-летию национального парка «Валдайский», г. Валдай, Новгородская область, 24-25 апреля 2015 г. – Вышний Волочёк, 2015. – 366 с.

В сборнике представлены доклады, заявленные авторами на конференцию, посвященную 25-летию национального парка «Валдайский». Центральными темами конференции стали вопросы оценки состояния природных комплексов в староосвоенных регионах, результаты исследований и мониторинга лесных и водных экосистем, изучения и сохранения биологического разнообразия и историко-культурного наследия, экологического образования и рекреации. Особое внимание уделено итогам и перспективам научных исследований, проводимых в заповедниках и национальных парках.

Для широкого круга специалистов в области охраны природного и исторического наследия, экологического образования, краеведов, преподавателей, аспирантов и студентов.

ISBN 978-5-93488-171-0

© Коллектив авторов, 2015

© Издательство «Ирида-прос»,
макет 2015

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ПОЛИГОНЕ «ТАЕЖНЫЙ ЛОГ», НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ВАЛДАЙСКИЙ»

Замолодчиков Д.Г.^{1,2}, Гитарский М.Д.³, Марунич А.С.⁴,
Ивашенко А.И.¹, Честных О.В.¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
биологический ф-т, г. Москва

²Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
г. Москва

³Институт глобального климата и экологии Росгидромета РАН,
г. Москва

⁴Валдайский филиал Государственного гидрологического института
Росгидромета, г. Валдай
E-mail: dzamolod@mail.ru

Проблема климатических изменений, связанных с современной модификацией содержания парниковых газов атмосферы, вызвала стремительный рост интереса к исследованиям потоков парниковых газов в различных типах экосистем. Наиболее мощный поток, выводящий углерод в атмосферу из наземных экосистем, представлен дыханием почвы. По имеющимся оценкам, суммарное глобальное дыхание почвы находится в пределах 80-100 Гт С год⁻¹ (Bond-Lamberty, Tompson, 2010), что составляет 73-91% от общей валовой первичной продукции наземных экосистем, величина которой считается близкой к 110 Гт С год⁻¹ (Yuan et al., 2010).

Основная цель настоящей статьи состоит в представлении результатов мониторинга дыхания почвы, проведенного в 2009-2012 гг. в 110-летнем южнотаежном ельнике (Новгородская область, Россия).

Полевые работы проводились на исследовательском полигоне «Таежный лог» Валдайского филиала ГГИ. Полигон расположен на территории Валдайского р-на Новгородской обл. Основной массив полевых данных по дыханию почвы был получен в 110-летнем ельнике мелкотравно-зеленомошном (57°57,76' с. ш., 33°20,34' в. д., 218 м над у. м.). Согласно лесотаксационным работам (2010 г.) древостой имеет формулу 9Е1С, средний диаметр равен 37 см; средняя высота 31 см, полнота 0,6, бонитет I. Объемный запас стволовой древесины составляет 479 м³ га⁻¹, сухостоя 109 м³ га⁻¹, валежа 70 м³ га⁻¹.

Дыхание почвы оценивали закрытым методом по изменению концентрации СО₂ в непрозрачных ПВХ-камерах, состоящих из постоянно вкопанных на глубину 3-5 см цилиндрических оснований диаметром 110 мм, и перемещаемой верхней крышки, герметично соеди-

ненной с газоанализатором при измерениях. В полевых работах 2009 г. использовали инфракрасный газоанализатор RI-411 фирмы Riken Keiki Company, Ltd (Япония), в 2010 - 2012 гг. – анализатор LI-6200 фирмы LI-COR Inc. (США). Во время замера вблизи каждой камеры определяли температуру почвы на глубине 10 см при помощи портативного электронного термометра со встроенным зондом из нержавеющей стали Checktemp-1 (точность $0,1^{\circ}\text{C}$; Hanna Instruments). В 2010 и 2011 гг. сходным образом измеряли объемную влажность почвы в слое 0-6 см при помощи полевого рефлектометра HH2 Moisture Meter, снабженного датчиком ThetaProbe ML2x (точность 1%; Delta-T Devices Ltd.).

Для верификации данных по дыханию почвы дополнительно привлекались данные, полученные с помощью микрометеорологической установки (eddy covariance), которая была расположена в 200-300 м от участка наблюдений. Основные компоненты установки представлены регистратором CR500 (Campbell Scientific Inc., USA), акустическим анемометром CSAT-3 (Campbell Scientific Inc., USA) и инфракрасным $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ анализатором открытого типа LI-7500 (LI-COR Inc., USA). Ключевой набор сенсоров размещен на высоте 37 м при высоте окружающего древостоя 32 м. Эксплуатация установки осуществлялась Валдайским филиалом ГГИ совместно с НПО «Тайфун» в период с 15 мая 2010 по 18 августа 2011 г.

Изменения эмиссии в ходе сезонов вегетации за 4 года приведены на рис. 1. При широкой вариации величин дыхания в вегетационный период (от $1,5$ до $6,5 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$), каждый из 4-х лет наблюдений имеет свои особенности, и говорить о выраженных закономерностях хода дыхания в этот период не приходится. Закономерным, по-видимому, является лишь соотношение уровня эмиссии в «теплый» и «холодный» сезоны. 8-10-кратное увеличение уровня эмиссии в разгар лета по сравнению с серединой снежного периода является максимальным внутри года.

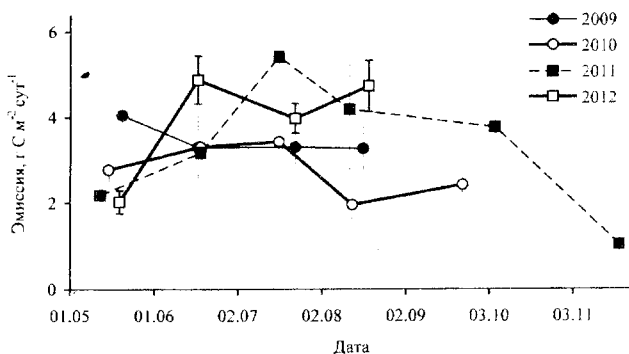


Рис. 1. Внутригодовая динамика почвенного дыхания в 2009-2012 гг.

За 4 года наблюдений (2009-2012 гг.) в «теплый» сезон отмечается достаточно высокая межгодовая изменчивость напочвенных потоков CO₂, связанная, в основном, с температурой и влажностью верхнего горизонта почвы. В свою очередь, эти параметры определяются режимом выпадения осадков и температурой воздуха. Размах изменчивости дыхания может достигать 5-кратной величины, что характерно для всего вегетационного сезона, но особенно выражено в мае и августе. Наиболее благоприятные условия для почвенного дыхания сложились в вегетационном сезоне 2012 г., когда на фоне среднестатистических температурных условий выпало оптимальное количество осадков. По сравнению с этим, в 2009 г. выпало избыточное количество осадков при более низких температурах, а в 2010 г. – осадков выпало существенно ниже нормы, что и привело к снижению наблюдаемых потоков дыхания в июле и августе.

В табл. 1 приведен набор уравнений, использованных при построении регрессионной модели напочвенной эмиссии CO₂. Граничными условиями для переходов между «теплым» (бесснежным) и «холодным» сезонами были даты установления и схода снежного покрова. В уравнениях для бесснежного сезона были использованы температура воздуха за 4 часа и сумма осадков за 4 суток, предшествующих моменту измерений.

Таблица 1

Регрессионные уравнения, связывающие величины эмиссии CO₂ (SR, г С м⁻² сут⁻¹) с поверхностью почвы со значениями абиотических факторов (Т – температура воздуха по метеостанции Валдай, °С; Р – сумма осадков за 4 суток по метеостанции Валдай, мм)

Номер	Сезон	Уравнение	N	R ²	P
(1)	теплый	$SR = (-0,00209 P^2 + 0,107 P + 1,38) e^{0,0243 T}$	134	0,659	<0,001
(2)	холодный	$SR = 0,689 e^{0,268 T}$	11	0,747	<0,001

Моделирование годичного хода эмиссии. При осуществлении годовой оценки величины напочвенной эмиссии были приведены от минутного (время единичных замеров) и часового (время замера серии в отдельном биотопе) к суточному масштабу путем линейной интерполяции по 8-ми расчетным значениям за сутки (соответственно срокам регистрации параметров на метеостанции).

Построенные модели позволяют оценивать труднодоступные характеристики годовой эмиссии диоксида углерода, такие как вклад зимнего периода и других сезонов в суммарное годовое значение, и сами оценки годовой эмиссии. Такие расчеты приведены в табл. 2. Период со снежным покровом по нашей модели в среднем дает около 30% годовой эмиссии.

Таблица 2

Сезонные и годовые величины эмиссии CO_2 с поверхности почвы в южнотаежном ельнике по результатам моделирования

Год	Эмиссия, г С м^{-2}			Вклад холодного периода, %
	за год	теплый период (май-сентябрь)	холодный период	
2009	638,7	448,3	190,5	29,8
2010	616,8	422,7	194,1	31,5
2011	693,1	481,5	211,7	30,5
2012	681,4	486,6	194,9	28,6
Среднее	657,5	459,8	197,8	30,1

Благодаря функционированию на исследовательском полигоне микрометеорологической установки, можем сопоставить оценки напочвенного потока CO_2 с суммарным дыханием экосистемы ельника. Ряд таких данных имеется с мая 2010 г. по август 2011 г. На рис. 2 приведена динамика величин максимальной внутрисуточной эмиссии CO_2 из экосистемы в атмосферу (NEE_{max}) над кронами леса и напочвенной эмиссии за тот же период, рассчитанной по уравнениям 1 и 2.

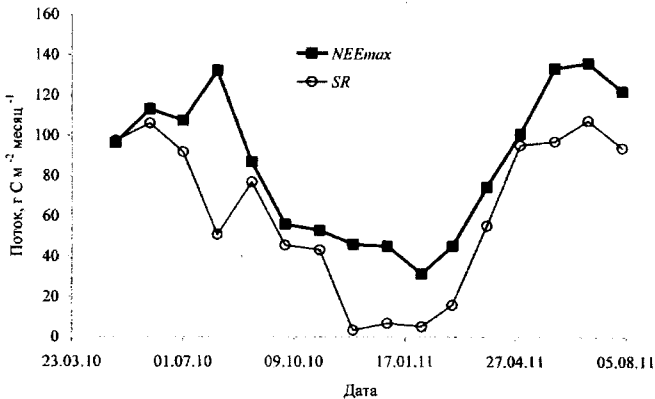


Рис. 2. Помесячные суммы эмиссии CO_2 с поверхности почвы по данным моделирования (SR) и максимальной за сутки эмиссии CO_2 экосистем в атмосферу (NEE_{max}), наблюдаемой в исследуемом ельнике.

Доля напочвенной эмиссии от дыхания экосистемы составляет 70,2% за год (с мая 2010 г. по май 2011 г.). Степень сопряженности потоков следует охарактеризовать как сильную ($R = +0,86$, $P < 0,001$).

Внутригодовая динамика также вполне объяснима. Потоки дыхания экосистемы всегда превышают напочвенные, но в переходные сезоны они сильно сближаются, отражая более резкий спад активности надземной фитомассы осенью (сентябрь-октябрь), и ее отставание в активности от подземной части экосистемы – весной (апрель-май). Зимой основной вклад в дыхание, вероятно, дают надземные части деревьев, поэтому разница этих потоков особенно заметна.

У нас есть редкая возможность провести сравнение наших результатов с оценками напочвенной эмиссии CO_2 , полученными в том же районе и сходном по возрасту ельнике во 2-ой половине 1970-х гг. (Гришина и др., 1979). Дыхание определяли методом абсорбции в ходе вегетационного сезона. Выделение CO_2 почвой 80-летнего ельника в 1978 г. от 1,2 (август) до 1,5 (сентябрь) $\text{г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ при среднесезонном значении $1,4 \pm 0,1 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$. Цитируемые значения заметно меньше полученных в нашем исследовании: измеренные величины эмиссии CO_2 с поверхности почвы 110-летнего ельника в вегетационные периоды 2009-2012 гг. варьировали от $1,95 \pm 0,32$ (август 2010 г.) до $5,42 \pm 1,01$ (июль 2011 г.) $\text{г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ при среднем значении $3,41 \pm 0,58 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$. По-видимому, ряд причин вовлечен в формирование более чем двукратного различия. Во-первых, это разница в методически подходах: метод, основанный на абсорбции CO_2 щелочным раствором, может давать заниженные результаты в связи с ограничением по скорости диффузии CO_2 в раствор. Отметим, что в цитируемой работе предпринята расчетная попытка коррекции результата на скорость диффузии согласно (Карпачевский и др., 1977), которая привела к повышению среднесезонного значения до $6,0 \pm 0,58 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$, что выше, чем в нашей работе. Во-вторых, это возрастные изменения древостоя экосистемы. Для близких типов леса показана тенденция к увеличению напочвенной эмиссии CO_2 по мере увеличения возраста древостоя с 50 до 170 лет примерно на 1% в год (Люри и др., 2013). Если эту тенденцию распространить на исследуемый ельник, то увеличение его возраста с 80 до 110 лет могло привести к 30%-ному усилению напочвенной эмиссии. В третьих, это климатические изменения. Температура воздуха в 1978 г. была заметно ниже, чем в 2009-2012 гг., а суммы осадков как зимой, так и летом, напротив, отличались незначимо. Такая климатическая ситуация закономерно должна привести к повышению величины напочвенной эмиссии.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках плана научно-исследовательских работ Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации и при поддержке

РФФИ-РГО (13-05-41478). Авторы благодарны Кашину Ф.В. и Шилкину А.И. (НПО «Тайфун») за предоставленные данные с микрометеорологической установки.

Список литературы

Гришина Л.А., Окунева Р.М., Владыченский А.С. Микроклимат и дыхание дерново-скрытоподзолистых почв ельников-кисличников // Организация экосистем ельников южной тайги. М.: Ин-т географии АН СССР. 1979. С. 70-85.

Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 312 с.

Люри Д. И., Карелин Д. В., Кудилов А. В., Горячкин С. В. Изменение почвенного дыхания в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах в южной тайге // Почвоведение. 2013. № 9. С. 1060-1072.

Bond-Lamberty B., Thomson A. Temperature-associated increases in the global soil respiration record // Nature. 2010. V. 464. P. 579-582.

Yuan W., Liu S., Yu G., Bonnefond J.-M., Chen J., Davis K., Desai A.R., Goldstein A. H., Gianelle D., Rossi F., Suyker A.E., Verma S. B. Global estimates of evapotranspiration and gross primary production based on MODIS and global meteorology data // Remote Sensing of Environment. 2010. V. 114. P. 1416-1431.

ЛАНДШАФТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПЕСТОВСКОГО РАЙОНА НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Исаченко Г.А.¹, Исаченко Т.Е.²

Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

¹E-mail: greg.isachenko@gmail.com

²E-mail: tatiana.isachenko@gmail.com

Пестовский район занимает крайнюю восточную часть Новгородской области, граничит с Вологодской и Тверской областями. Площадь территории 2110,5 км², максимальная протяженность с севера на юг 50 км, с запада на восток 65 км. Район отличается значительным разнообразием природных условий. Здесь представлены различные типы ландшафтных местоположений и растительных сообществ, характерных для южно-таежной подзоны Европейской России и смежной с ней зоны подтайги (хвойно-широколиственных лесов). Согласно физико-географическому районированию (А.Г. Исаченко и др., 1965),