

УДК 574.4

ВЛИЯНИЕ СПЛОШНОЙ ВЫРУБКИ ЛЕСА НА ЭМИССИЮ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

© 2017 г. А. Г. Молчанов*[@], Ю. А. Курбатова**^{*}, А. В. Ольчев**^{*}

*Институт лесоведения РАН, Россия, 143030 Московская обл., с. Успенское, ул. Советская, 21

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Россия, 119071 Москва, Ленинский просп., 33

[@]E-mail: a.georgievich@gmail.com

Поступила в редакцию 14.12.2015 г.

Проведено экспериментальное исследование влияния сплошной вырубке елового леса на эмиссию CO₂ с почвенного покрова с применением метода экспозиционных камер. Для исследований в пределах вырубки выбрано несколько участков с различной степенью поврежденности верхнего гумусового слоя, разным количеством древесного опада и порубочных остатков на поверхности почвы. Проведено сравнение скорости дыхания почвы на вырубке с данными измерений внутри расположенного вблизи контрольного древостоя, идентичного вырубленному. Определена сезонная и суточная изменчивость эмиссии CO₂ с поверхности почвы. Выявлена устойчивая зависимость почвенного дыхания от степени поврежденности верхнего почвенного слоя, а также наличия древесного опада и порубочных остатков на поверхности. Найдена зависимость эмиссии CO₂ с поверхности почвы от температуры и влажности верхнего почвенного слоя. Выявлены различия в интенсивности почвенного дыхания внутри контрольного древостоя на участках, по-разному удаленных от стволов деревьев.

DOI: 10.7868/S0002332916060126

Сплошная рубка – широко распространенное лесохозяйственное мероприятие, когда на некоторой площади в один прием вырубается все взрослые деревья. Это может быть связано как с плановыми рубками перестойных древостоев, так и с санитарной рубкой леса, например пораженного жуком короедом-типографом. Сплошная рубка и изъятие большого количества фотосинтезирующей биомассы из лесной экосистемы, очевидно, оказывает существенное влияние на экологические, метеорологические и гидрологические условия территории. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что после вырубки наблюдаются значительные изменения интенсивности биологического круговорота веществ в почве, обмена парниковыми газами между земной поверхностью и атмосферой, радиационного и температурного режима земной поверхности, плодородия почв и сукцессионной динамики нарушенных лесов (Семенова, 1975; Уланова, Куксина, 2001; Radler *et al.*, 2010).

Исследования влияния сплошных вырубок на потоки парниковых газов между земной поверхностью и атмосферой, и в частности на потоки углекислого газа, чрезвычайно важны как с точки зрения их влияния на биологический круговорот веществ и динамику лесовосстановления, так и с точки зрения их воздействия на локальные и ре-

гиональные климатические условия. В последние десятилетия было проведено множество экспериментальных и модельных исследований влияния сплошных вырубок на потоки CO₂ в лесных экосистемах (Pumpanen *et al.*, 2004; Olchev *et al.*, 2009; Ma *et al.*, 2013; Dib *et al.*, 2014; Мухартова и др., 2015; Paul-Limoges *et al.*, 2015). Для изучения динамики потоков CO₂ в исследованиях использовались как камерные (Курганова, Кудеяров, 1998; Pumpanen *et al.*, 2004; Molchanov, 2009; Инсаров и др., 2012), так и пульсационные (eddy covariance) методы измерений (Zha *et al.*, 2009; Williams *et al.*, 2013; Paul-Limoges *et al.*, 2015). Отмечается, что в результате сплошных рубок наблюдаются существенные изменения как скорости почвенного дыхания, так и интегральных экосистемных потоков CO₂ на самой вырубке и в окружающем вырубку древостое. Динамика эмиссии CO₂ с поверхности почвы после проведения сплошной рубки может определяться множеством разных факторов, включающих в себя региональные климатические и погодные условия, запасы углерода в почве, уровень грунтовых вод, возраст и видовой состав древесной растительности, рельеф местности, количество оставленных на вырубке древесных остатков и др. Поэтому очевидно, что для надежного прогноза последствий сплошных рубок требуется проведение ком-

плексных экспериментальных и теоретических исследований в лесных экосистемах в разных географических регионах для выявления основных механизмов, определяющих динамику потоков CO_2 в таких экосистемах после проведения различных лесохозяйственных мероприятий, и оценки влияния различных факторов природной среды на процессы CO_2 -обмена.

Основная задача данного исследования – оценка масштабов пространственно-временной изменчивости эмиссии CO_2 с поверхности свежей сплошной вырубки, расположенной в хорошо дренированном еловом лесу в центральной части европейской территории России, с помощью экспериментальных наблюдений, а также выявления основных ведущих факторов, влияющих в этих условиях на эмиссию CO_2 с поверхности почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования временной изменчивости эмиссии CO_2 с поверхности почвы

проводились на свежей сплошной вырубке, расположенной в Одинцовском р-не Московской обл. вблизи населенного пункта Лапино ($55^\circ 68'$ с.ш., $37^\circ 16'$ в.д.) с августа по октябрь 2014 г. и с апреля по сентябрь 2015 г. Измерения проводили во время интенсивных полевых кампаний в светлое время суток. Вырубка леса на исследуемом участке проводилась поздней осенью–зимой 2013/14 г. До момента рубки на участке произрастал перестойный ельник разнотравный (10Е + Б, где Е – ель, Б – береза), относящийся к I классу бонитета. Сомкнутость крон варьировала от 70 до 85%. Коэффициент пропускания солнечной радиации кронами деревьев в полуденные часы в летние месяцы составлял ~9%. Почва в пределах исследуемой вырубки и окружающего леса была дренированная, дерново-подзолистая суглинистая.

Скорость эмиссии CO_2 с поверхности почвы (F) определялась с помощью метода экспозиционных камер по открытой схеме методом, впервые предложенным Эдвардсом и Золлинсом (Edwards, Sollins, 1973), и рассчитывалась по формуле

$$F = \frac{10^6 \times 273V(\text{CO}_2(\text{камера}) - \text{CO}_2(\text{наружный воздух}))}{22.4 \times 100(273 + T)S \times 60},$$

где V – скорость потока воздуха через экспозиционную камеру, л/мин; T – температура воздуха, $^\circ\text{C}$; S – площадь поверхности почвы под камерой, см^2 . Поток CO_2 с поверхности почвы выражен в $\text{мкмоль}/(\text{м}^2 \text{с})$.

Выбор данного метода измерений был обусловлен значительной пространственной неоднородностью поверхности вырубки, полей солнечной радиации, температуры и ветра (Olchev *et al.*, 2009; Radler *et al.*, 2010; Левашова и др., 2015; Мухартова и др., 2015). Это существенно ограничивает возможность применения альтернативных подходов к измерению атмосферных потоков (в частности, метода турбулентных пульсаций).

Для проведения измерений в пределах вырубки были выбраны: участок с неповрежденным почвенным покровом, участок с сильно поврежденным верхним дерновым слоем почвы лесоповалочной техникой, а также неповрежденный участок с большим количеством древесного опада (сухая хвоя до 5 см) и отходов лесозаготовки (порубочные остатки) на поверхности почвы. Площадь участков, присыпанных хвоей и мелкими порубочными остатками, на исследуемой вырубке составляла ~5%. Площадь участков почвы, поврежденных лесоповалочной техникой, не превышала 20%. Площадь вырубки с неповрежденным почвенным покровом составляла ~75%.

Одновременно с измерениями на вырубке проводились и контрольные измерения почвенного дыхания в близлежащем ельнике, идентичном вырубленному. Измерения в лесу проводились на двух участках, расположенных между стволами деревьев и вблизи ствола между лапами у комя взрослой ели (на расстоянии ~0.5 м от ствола).

При измерениях участок почвы накрывался прозрачной камерой диаметром 20 и высотой 10 см. С помощью внешнего насоса обеспечивался постоянный проток окружающего атмосферного воздуха через камеру со скоростью 60–120 л/ч. На входе и выходе из камеры концентрация CO_2 измерялась с помощью портативного инфракрасного газоанализатора LI-820 (Li-Cor Inc., США). Во избежание перегрева камеры при измерениях в летних условиях использовался специальный солнцезащитный экран. Логгером (EMS, Чешская Республика) каждые 10 с регистрировались показания газоанализатора одновременно с проходящей к поверхности солнечной радиацией, температурой воздуха и почвы. Программа измерений включала в себя и регулярные измерения влажности верхнего слоя почвы термовесовым методом. Система регистрации данных измерений позволяла проводить одновременные измерения пятью камерами. Переключение камер осуществлялось автоматически, время “опроса”

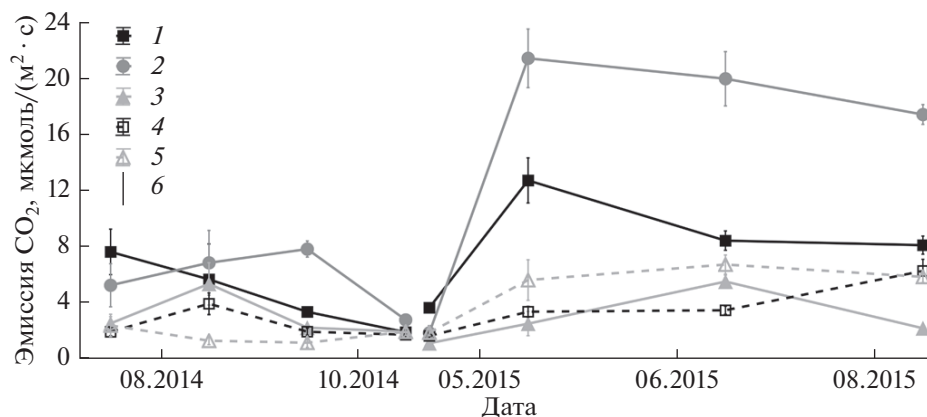


Рис. 1. Сезонная изменчивость эмиссии CO₂ с поверхности почвы на вырубке и внутри древостоя, идентичного вырубленному. 1 – на вырубке на участках с ненарушенным почвенным покровом, 2 – на вырубке с хвоей и древесными остатками, 3 – на вырубке с поврежденным гумусовым слоем, 4 – в лесу между стволами деревьев, 5 – в лесу вблизи стволов деревьев; для рис. 1–4. 6 – стандартные отклонения от среднего; для рис. 1 и 2.

всех измерительных камер составляло 20 мин. Подробное изложение использованной методики измерений представлено в ранее опубликованных работах (Татаринов и др., 2009; Молчанов, 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований временной и пространственной изменчивости эмиссии CO₂ с поверхности почвы в лесной экосистеме после сплошной рубки свидетельствуют о значительной временной изменчивости, определяемой множеством факторов, включая условия внешней среды, степень поврежденности верхнего гумусового слоя почвы и наличие древесного опада и порубочных остатков на поверхности почвы.

Погодные условия в период измерений в 2014–2015 гг. отличались значительной изменчивостью. Лето 2014 г. было аномально жарким и засушливым с большой повторяемостью дней с температурой 25°C и выше. Лето 2015 г. было близким к климатической норме. Температура воздуха в 2014 г. изменялась от 25–30°C в июле до 4–8°C в октябре. На фоне изменяющихся условий внешней среды эмиссия CO₂ с поверхности ненарушенных участков почвы за исследуемый период 2014 г. изменялась от 8 мкмоль/(м² с) в июле–августе до 1.7 мкмоль/(м² с) в октябре (рис. 1). На участках почвы внутри древостоя, идентичного вырубленному, для того же периода почвенное дыхание было существенно ниже и составляло в среднем 4–5 мкмоль/(м² с) для летнего периода и 1.7–1.8 мкмоль/(м² с) для осенних месяцев. На участках почвы на вырубке, поврежденных лесоповалочной техникой, в течение всего периода измерений почвенное дыхание была в среднем на 30% ниже значений, полученных для неповре-

жденных участков почвы на вырубке, и на 10–30% выше эмиссии CO₂ с контрольных лесных участков. На участках почвы, присыпанных хвоей и мелкими порубочными остатками, эмиссия CO₂ превышала эмиссию с неповрежденных участков почвы более чем на 50% (рис. 1).

Суточная динамика эмиссии CO₂ с поверхности почвы в 2014 г. была выражена довольно слабо (рис. 2). Минимальные ее значения наблюдались в утренние часы, а максимальные – в вечерние на фоне максимальных значений температуры воздуха и почвы.

Результаты измерений, проведенных в 2015 г., свидетельствуют о резком увеличении эмиссии CO₂ с поверхности почвы как на вырубке, так и на контрольных лесных участках (рис. 1). Если в апреле после снеготаяния на фоне невысоких значений температуры воздуха и почвы эмиссия CO₂ с поверхности почвы была близка к значениям 2014 г. и изменялась на вырубке от 1.5 до 3.5 мкмоль/(м² с), а на контрольных лесных участках не превышала 1.8 мкмоль/(м² с), то начиная с мая на фоне роста температуры и более высоких, чем в 2014 г., значений почвенной влажности (до 70% на вырубке и до 60% в лесу) наблюдалось резкое увеличение скорости почвенного дыхания, особенно на ненарушенных участках почвы с большим количеством полуразложившихся мелких порубочных остатков и хвои (до 22 мкмоль/(м² с)). При этом значения эмиссии CO₂ с поверхности ненарушенных участков почвы были существенно ниже и изменялись в мае–июле от 8 до 12, а на участках с нарушенным гумусовым горизонтом – от 2 до 6 мкмоль/(м² с). Эмиссия CO₂ с поверхности почвы внутри леса была несколько ниже эмиссии с неповрежденных участков почвы и изменялась от 3 до 6 мкмоль/(м² с).

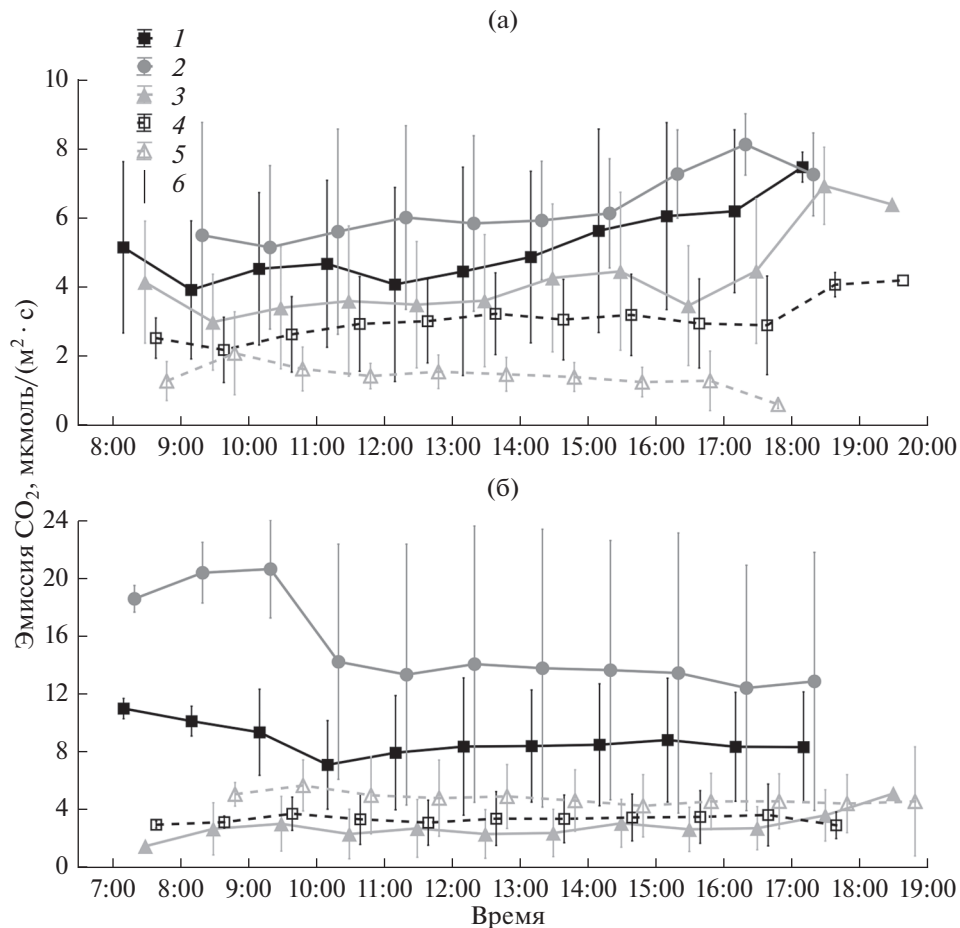


Рис. 2. Суточная динамика эмиссии CO_2 с поверхности почвы на вырубке и внутри древостоя, идентичного вырубленному, в 2014 (а) и 2015 гг. (б).

Внутрисуточная изменчивость почвенного дыхания в 2015 г., как и в 2014 г., была выражена довольно слабо. Минимальные значения потоков наблюдались ранним утром. С прогревом поверхности наблюдалось быстрое увеличение скорости почвенного дыхания с небольшим максимумом, в период с 09:00 до 11:00, особенно хорошо выраженным на участках почвы на вырубке с неповрежденным гумусовым слоем, присыпанных порубочными остатками и хвоей (рис. 2).

Для обоснования механизмов выявленной временной изменчивости на исследуемых участках в пределах сплошной вырубке и окружающего вырубку леса, идентичного вырубленному, были проанализированы зависимости эмиссии CO_2 от температуры воздуха и почвы, а также влажности верхнего почвенного горизонта.

В представленных на рис. 3 зависимостях скорости потока CO_2 с поверхности почвы от температуры воздуха при разных значениях влажности верхнего почвенного горизонта (SWC) отмечен близкий к экспоненциальному рост скорости

почвенного дыхания при увеличении температуры, который хорошо описывается с помощью уравнения Аррениуса (рис. 3):

$$F = F_{\text{ref}} \exp[E_a(T - T_{\text{ref}})/T_{\text{ref}} RT],$$

где F – дыхание почвы, мкмоль/($\text{m}^2 \cdot \text{c}$); T – температура воздуха, градус Кельвина (К); F_{ref} – дыхание почвы при $T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$ (25°C); E_a – энергия активации, зависящая от свойств почвы, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная ($R = 8.134 \text{ Дж}/(\text{K} \cdot \text{моль})$).

Наиболее сильный рост эмиссии CO_2 с увеличением температуры отмечается на участках вырубке с неповрежденным почвенным покровом и участках почвы, присыпанных мелкими порубочными остатками и хвоей. Для лесных участков зависимость эмиссии CO_2 от температуры проявится значительно слабее. В частности, данные измерений показали, что 23.09 и 09.10.2014 г. на неповрежденном участке вырубке при практически одинаковых значениях влажности почвы (48%) и при средненедельных температурах воздуха

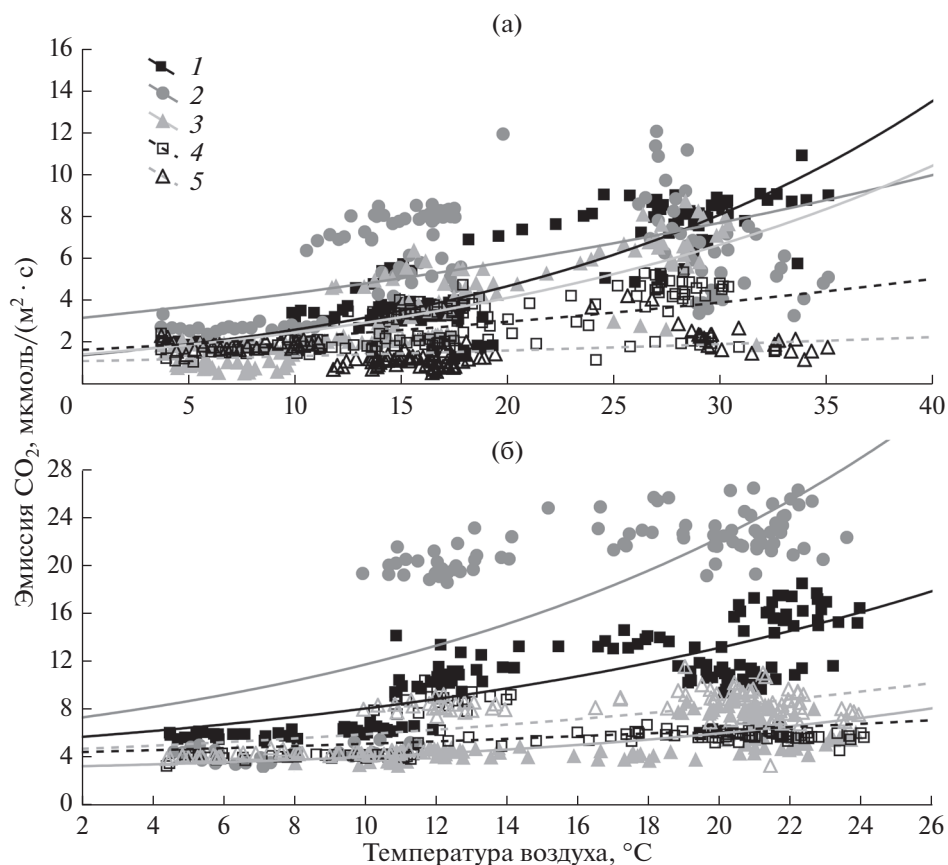


Рис. 3. Зависимость эмиссии CO_2 с поверхности почвы на вырубке и внутри древостоя, идентичного вырубленному, от температуры воздуха при разных значениях влажности почвенного горизонта (SWC). а – SWC < 50%, б – SWC > 50%.

14.9 и 7.5°C, значения эмиссии CO_2 различались почти в 2 раза (3.3 и 1.8 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ соответственно). Под пологом леса в эти же дни на фоне более низких значений влажности верхнего почвенного горизонта (~10.5%) различия скоростей эмиссии CO_2 были довольно незначительными (0.3–0.5 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$).

Для анализа влияния изменения почвенной влажности на скорость почвенного дыхания были проанализированы результаты измерений эмиссии CO_2 с поверхности почвы на вырубке и в лесу, проведенные с мая по сентябрь 2014 и 2015 гг. Результаты анализа показывают, что влияние влажности почвы на скорость эмиссии CO_2 довольно неоднородно и наиболее сильно проявляется при низких значениях влажности почвы (рис. 4). При значениях почвенной влажности 50–60% изменения почвенного дыхания при изменении влажности почвы оказались менее значительными. Таким образом, выявленные различия скоростей почвенного дыхания между неповрежденными участками почвы на вырубке и на участках внутри леса в относительно засушливый летне-осенний период 2014 г. частично могут быть обусловлены

именно различиями влагосодержания верхнего почвенного горизонта. Как показывают результаты проведенного анализа, на вырубке в этот период влажность почвы в верхнем 5-сантиметровом слое почвы изменялась от 33 до 48, тогда как в лесу – от 5 до 32%. выпадающие в течение исследуемого периода незначительные атмосферные осадки большей частью задерживались кронами деревьев и не достигали поверхности почвы. Также надо отметить различия скоростей эмиссии CO_2 и влажности почвы на участках, расположенных в лесу на разном удалении от стволов деревьев. Минимальные значения влажности почвы в основном наблюдались вблизи стволов между лапами деревьев. На участках, расположенных между стволами, влажность почвы была устойчиво выше (10–15%). Это, очевидно, связано как с неоднородностью режима солнечной радиации в древесном пологе, так и с горизонтальной неоднородностью распределения тонких корней, что приводит к различиям скоростей захвата почвенной влаги корнями деревьев для процесса транспирации. В частности, измерения, проведенные 25.08.2014 г., показывают, что эмиссия CO_2 на

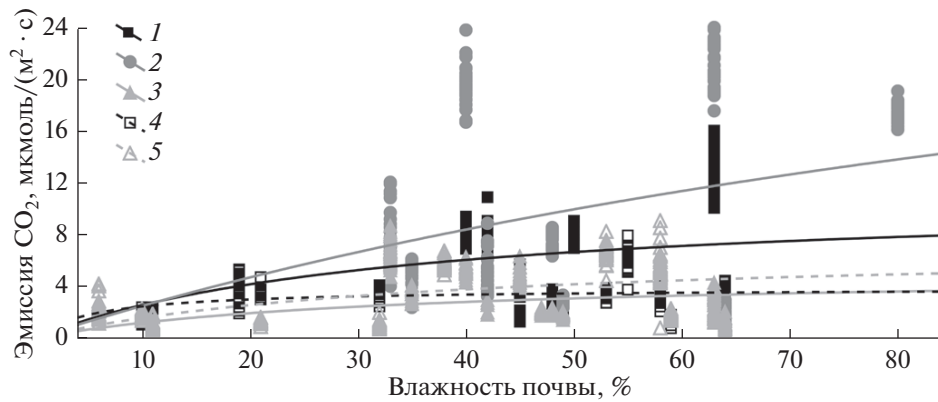


Рис. 4. Зависимость эмиссии CO_2 с поверхности почвы на вырубке и внутри древостоя, идентичного вырубленному, от влажности верхнего почвенного горизонта с мая по сентябрь 2014 и 2015 гг.

участке почвы между лапами деревьев в непосредственной близости от ствола не превышала $1.3 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, в то время как на участке, расположенном на удалении 3 м от стволов, она составляла в среднем $3.5 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

При анализе влияния влажности почвы на различия скоростей эмиссии CO_2 с поверхности неповрежденной почвы и почвы, присыпанной хвоей и порубочными остатками, важно отметить, что влажность почвы на участках почвы, присыпанных древесными осадками и хвоей, была в среднем на 5% выше влажности на ненарушенных свободных от опада почвенных участках. Это, очевидно, могло обеспечить более высокие скорости минерализации и разложения растительных остатков как на поверхности почвы, так и на глубине (мертвые корни деревьев). Порубочные остатки при этом играли роль некоторого буфера, предохраняющего почву от избыточной потери влаги через испарение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты сравнения эмиссии CO_2 с поверхности почвы на сплошной вырубке и в лесу, идентичном вырубленному, проведенные в течение первых двух лет после рубки с августа по октябрь 2014 г. и с апреля по сентябрь 2015 г., показали, что эмиссия CO_2 с поверхности почвы на вырубке существенно превышает эмиссию CO_2 с контрольных участков почвы внутри леса. Это связано как с более высокими значениями температуры воздуха и почвы, так и с более высоким влагосодержанием верхнего почвенного горизонта на вырубке. Наиболее высокие значения эмиссии CO_2 наблюдались на ненарушенных участках почвы, а также на участках с накопившимися на поверхности древесным опадом и мелкими порубочными остатками. Подобная закономерность может быть обусловлена прежде всего активными

процессами разложения и минерализации мертвых корней и накопившегося древесного опада и отходов лесозаготовки на вырубке. При этом эмиссия CO_2 на участках вырубке с нарушенным гумусовым почвенным слоем была ниже эмиссии CO_2 не только на неповрежденных почвенных участках на вырубке, но также и на лесных контрольных участках.

Сплошная вырубка в других типах ельников и древостоев может привести к абсолютному иному воздействию на временную и пространственную изменчивость эмиссии CO_2 с поверхности почвы. Как отмечено выше, скорость почвенного дыхания определяется множеством факторов, включая тип почвы, запас органических веществ, уровень грунтовых вод, тип растительности. В частности, можно ожидать, что, например, в слабо заболоченных лесах сплошная вырубка может привести к переувлажнению почвы и в результате к уменьшению эмиссии CO_2 с поверхности почвы. Наши исследования проводились в ельнике на хорошо дренированных почвах, и поэтому сделанные выводы можно отнести только к данному типу леса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 14-14-00956).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Инсаров Г.Э., Борисова О.К., Корзухин М.Д., Кудяров В.Н., Минин А.А., Ольчев А.В., Семенов С.М., Сиринов А.А., Харук В.И. Природные экосистемы суши: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Под ред. Семенова С.М. М.: Планета, 2012. С. 190–265.
- Курганова И.Н., Кудяров В.Н. Оценка потоков диоксида из почв таежной зоны России // Почвоведение. 1998. № 9. С. 1058–1070.
- Левашова Н.Т., Мухартова Ю.В., Давыдова М.А., Шанкина Н.Е., Ольчев А.В. Применение теории кон-

- трастных структур для описания поля скорости ветра в пространственно-неоднородном растительном покрове // Вестн. МГУ. Сер. 3, Физика, астрономия. 2015. № 3. С. 3–10.
- Молчанов А.Г.* Газообмен сфагнома при различных уровнях поверхностных грунтовых вод // Экология. 2015. № 3. С. 182–188.
- Мухартова Ю.В., Левашова Н.Т., Ольчев А.В., Шапкина Н.Е.* Применение двумерной модели для описания турбулентного переноса CO₂ в пространственно-неоднородном растительном покрове // Вестн. МГУ. Сер. 3, Физика, астрономия. 2015. № 1. С. 15–22.
- Семенова В.Г.* Влияние рубок главного пользования на почвы и круговорот веществ в лесу. М.: Лесная пром-сть, 1975. 184 с.
- Татаринев Ф.А., Молчанов А.Г., Ольчев А.В.* Оценка и минимизация ошибок при измерении дыхания почв по открытой схеме // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2009. Т. 11. № 1(7). С. 1592–1595.
- Уланова Н.Г., Куксина Н.В.* Итоги изучения динамики растительности сплошных вырубок южнотаежных лесов: 16-летние наблюдения на постоянных пробных площадях // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы. Тула: Гриф и К°, 2001. С. 249–251.
- Dib A.E., Johnson C.E., Driscoll C.T., Fahey T.J., Hayhoe K.* Simulating effects of changing climate and CO₂ emissions on soil carbon pools at the Hubbard Brook experimental forest // Glob. Change Biol. 2014. V. 20(5). P. 1643–1656.
- Edwards N.T., Sollins P.* Continuous measurement of carbon dioxide evolution from partitioned forest floor components // Ecology. 1973. V. 54. № 2. P. 406–412.
- Ma Y.L., Geng Y., Huang Y.Y., Shi Y., Niklaus P.A., Schmid B., He J.S.* Effect of clear-cutting silviculture on soil respiration in a subtropical forest of China // J. Plant Ecol. 2013. V. 6 (5). P. 335–348.
- Molchanov A.G.* CO₂ Emission from the surface of dark gray forest soils of the forest steppe and sandy soddy-podzolic soils of the southern taiga // Euras. Soil Sci. 2009. V. 42(13). P. 1470–1478.
- Olchev A., Radler K., Sogachev A., Panferov O., Gravenhorst G.* Application of a three-dimensional model for assessing effects of small clear-cuttings on radiation and soil temperature // Ecol. Mod. 2009. V. 220. P. 3046–3056.
- Paul-Limoges E., Black T.A., Christen A., Nesic Z., Jassal R.S.* Effect of clearcut harvesting on the carbon balance of a Douglas-fir forest // Agric. Forest Meteorol. 2015. V. 203. P. 30–42.
- Pumpanen J., Westman C.J., Ivesniemi H.* Soil CO₂ efflux from a podzolic forest soil before and after forest clear-cutting and site preparation // Boreal Env. Res. 2004. V. 9(3). P. 199–212.
- Radler K., Olchev A., Panferov O., Klinck U., Gravenhorst G.* Radiation and temperature responses to a small clear-cut in a spruce forest // Open Geogr. Journ. 2010. V. 3. P. 103–114.
- Williams C.A., Vanderhoof M., Khomik M., Ghimire B.* Post-clearcut dynamics of carbon, water and energy exchanges in a mid-latitude temperate, deciduous broad-leaf forest environment // Glob. Change Biol. 2013. V. 20. P. 992–1007.
- Zha T., Barr A.G., Black T.A., McCaughey J.H., Bhatti J.S., Hawthorne L., Krishnan P., Kidston J., Saigusa N., Shashkov A., Nesic Z.* Carbon sequestration in boreal jack pine stands following harvesting // Glob. Change Biol. 2009. V. 15. P. 1475–1487.

Effect of Clear Cutting on Soil CO₂ Emission

A. G. Molchanov^{a, *}, Yu. A. Kurbatova^b, and A. V. Olchev^b

^a Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Sovetskaya 21, Uspenskoe, Moscow oblast, 143030 Russia

^b Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Leninskii pr. 33, Moscow, 119071 Russia

*e-mail: a.georgievich@gmail.com

An experimental study of the effect of clear cutting on CO₂ emission from the soil surface was performed using the chamber method. For field measurements, several experimental plots with different degrees of damage of the upper organic soil layer and different amounts of litter and logging residue on the surface were selected. Soil CO₂ fluxes were simultaneously measured on the clear-cutting plots and on two plots within the spruce forest stand located close to the cleared area. The results show a significant seasonal and diurnal variability of soil CO₂ emission. It was found that the soil respiration rate varies significantly among plots and depends on the damage to the upper soil layer and the availability of litter and logging residue on the soil surface. It was found that the rate of CO₂ emission from soil surface is strongly dependent on the air and soil temperature and moisture of the upper soil layer. Different rates of soil respiration are also revealed on the plots located at different distances from tree trunks within the control forest stand.