

(с 6.13 ± 1.58 до 12.20 ± 1.41 т/га) при его неизменных величинах в минеральных горизонтах (3.10 ± 0.77 на контрольном и 2.75 ± 0.51 т/га на нагретом участке).

Тундровые экосистемы сильно трансформируются в результате повышения почвенных температур на 4–6 °С и деградации мерзлоты (растительность, биологическая активность почв), однако почвы являются буферными системами и свойства почв (влажность, pH) меняются незначительно за 20-летний срок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-04-00952А).

ЛИТЕРАТУРА

Kirtman B. Near-term climate change: projections and predictability / B. Kirtman, S. B. Power, A. J. Adedoyin et al. // *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of IPCC.* – New York: Cambridge University Press, 2013. – P. 953–1028.

Koven C. D. Permafrost carbon-climate feedbacks accelerate global warming / C.D. Koven, B. Ringeval, P. Friedlingstein et al. // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* – 2011. – V. 108(38). – P. 14789–14774.

Kuhry P. Report from the International Permafrost Association: carbon pools in permafrost regions / P. Kuhry, C.L. Ping, E.A. Schuur et al. // *Permafrost and Periglacial Processes.* – 2009. – V. 20(2). – P. 229–234.

Maxwell B. Arctic climate: potential for change under global warming / B. Maxwell // *Arctic ecosystems in a changing climate: an ecophysiological perspective.* – San Diego: Academic press, 1992. – P. 11–34.

Walz J. Regulation of soil organic matter decomposition in permafrost-affected Siberian tundra soils: Impact of oxygen availability, freezing and thawing, temperature, and labile organic matter / J. Walz, C. Knoblauch, L. Böhme, E.M. Pfeiffer // *Soil Biology and Biochemistry.* – 2017. – V. 110. – P. 34–43.

ВКЛАД КОРНЕВОГО И МИКРОБНОГО ДЫХАНИЯ В ПРОДУКЦИЮ CO₂ ПОЧВАМИ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Р. Сефилян, О.Ю. Гончарова
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
E-mail: a5nn7a-sefe@mail.ru

Раздельное определение вклада дыхания корней и микроорганизмов в эмиссию углекислого газа с поверхности почвы является одной из важнейших методологических задач современного почвоведения и экологии. Данная проблема тесно связана с моделированием круговорота углерода в наземных экосистемах, прогнозированием глобальных изменений климата, разработкой и прове-

дением мероприятий по уменьшению содержания парниковых газов в атмосфере.

Цель работы – оценка вклада дыхания автотрофов и гетеротрофов в суммарную эмиссию CO_2 почвами на основе комплекса методов.

Исследуемый участок расположен на севере Западной Сибири (ЯНАО, Надымский район, Тюменская область) в пределах распространения северной границы таежной зоны. Территория характеризуется высокой обводненностью и наличием прерывистой мерзлоты, приуроченной к массивам торфяников. Климат района среднеконтинентальный с очень холодной зимой, среднее значение годовых температур составляет $-4.5\text{ }^\circ\text{C}$, среднее количество осадков 550 мм.

В качестве ключевых объектов выбраны три участка, которые находятся в пределах небольшой площади. Они расположены в разных экосистемах: лесной, на крупнобугристом торфянике и на плоскобугристом торфянике, для которых характерны разные почвы – подзол, торфяно-олиготрофная остаточно-эутрофная и торфяно-криозем соответственно.

Для определения доли микробного и корневого дыхания существуют изотопные и неизотопные методы. Мы апробировали несколько неизотопных полевых методов. К ним относятся метод затенения, метод исключения корней, метод интеграции компонентов.

С помощью метода затенения растений можно вычислить долю корневого дыхания, сравнив значения эмиссии на затененных с помощью светонепроницаемого навеса участках со значениями эмиссии на контрольных участках без затенения (Craine et al., 1999). Освещенность на затененных участках уменьшается в 200–4000 раз. На графике 1 (рис. 1) видно, что эмиссия CO_2 на торфянике в ходе эксперимента уменьшилась на 20%, а на лесном участке на 52%. Однако, дыхание корней подавляется не полностью, так как при затенении у растения остается дыхание поддержания. Доля корневого дыхания с учетом неполного подавления дыхания составила 29–58% для плоскобугристого торфяника, 30–39% – для лесного участка.

Второй метод – метод исключения корней – основан на удалении всех корней из верхних 30 см почвы (Кузяков, 2006). Однако мы работали с уникальным природным аналогом. Он представлен торфяными пятнами, лишенными растительности, корней и подземных побегов растений. Данные пятна расположены на крупнобугристом торфянике, который покрыт травянистой растительностью, ягелем и кустарничками багульника, за исключени-

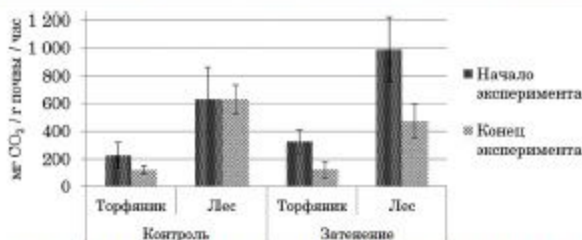


Рис. 1. Сравнение значений эмиссии CO₂ до и после затенения на двух участках (плоскобугристый торфяник и сосняк кустарничково-зеленомошный). Бары – стандартное отклонение.

ем оголенных пятен. Эксперимент проводился в течение нескольких лет. В качестве примера приведены данные за один год. Было произведено измерение эмиссии на 10 участках без корней (среднее значение эмиссии CO₂ равно 98.9 мг/(м²ч) и 10 участках с типичной растительностью (среднее значение эмиссии CO₂ равно 180 мг/(м²ч). Были выявлены различия в микробной активности почв (базальное дыхание) торфяных пятен и почв с типичной растительностью. Эти различия были учтены в расчетах. Вклад в дыхание почв торфяных пятен оказывает только микробная биомасса, а для соседних участков почв (с типичной растительностью, корнями) характерно как микробное, так и корневое дыхание. Таким образом, мы рассчитали величину корневого дыхания, она равна 81.1 мг/(м²ч). График 2 (рис. 2) показывает, как соотносятся величины эмиссии CO₂ на участках торфяных пятен и участках с типичной растительностью.

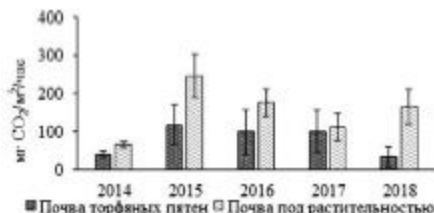


Рис. 2. Сравнение значений эмиссии CO₂ с поверхности почвы двух участков (с растительным покровом и без) в период с 2014 по 2018 г. Бары – стандартное отклонение.

По усредненным данным за несколько лет вклад корневого дыхания в общую эмиссию CO_2 с поверхности почв крупнобугристого торфяника составил 46%.

Также метод исключения корней был опробован еще на одном участке, который представляет собой две граничащие экосистемы – сосняк кустарничково-зеленомошный и сосняк лишайниковый (он же беломошник), где практически отсутствуют сосудистые растения, за исключением разреженных одиночных деревьев. Запас корней в сосняке в 5–14 раз выше, чем на участке с лишайниковым покровом. Граница между этими экосистемами ясная в пределах 1 м. Вклад дыхания корней, как и на другом участке с торфяными пятнами рассчитывается по разнице эмиссий с учетом разницы в температуре, величине микробного дыхания, нормированного по плотности. С учетом всех корректировок доля корневого дыхания для сосняка зеленомошного составила в среднем 61%. На графике 3 (рис. 3) представлены средняя величина эмиссии CO_2 с поверхности почвы на участках сосняка лишайникового и кустарничково-зеленомошного.

Третий метод – метод интеграции компонентов – основан на физическом разделении пулов углерода, вносящих вклад в потоки CO_2 , и измерении удельных скоростей дыхания автотрофной и гетеротрофной компонент в контролируемых условиях (Hanson et al., 2000). Мы получили данные по удельному дыханию корней сосудистых растений разных видов, доминирующих на территории исследования. Для конечных расчетов использовались усредненные данные. Также при расчетах был учтен запас корней в 20-сантиметровом слое площадью 1 м^2 и плотность почвы. По усредненным данным за несколько лет вклад корней в дыхание

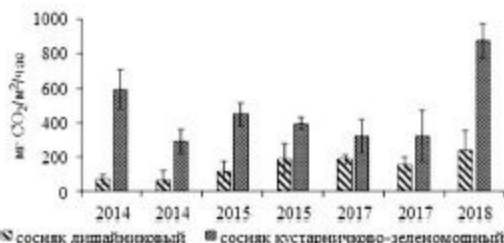


Рис. 3. Сравнение значений эмиссии CO_2 с поверхности почвы сосняка лишайникового и сосняка кустарничково-зеленомошного (в двух повторностях) в период с 2014 по 2018 г. Бары – стандартное отклонение.

почвы для подзола сосняка зеленомошного – $29 \pm 3\%$, для торфяной почвы плоскобугристого торфяника – $14 \pm 6\%$, для торфяной мерзлотной остаточной эвтрофной почвы крупнобугристого торфяника – 40% .

По данным нескольких лет наблюдений вклад дыхания корней в среднем по комплексу методов составил для плоскобугристого торфяника около 20% , для крупнобугристого торфяника – 40% , для сосняка кустарничково-зеленомошного – 60% , для сосняка лишайникового – 30% .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-04-00952А).

ЛИТЕРАТУРА

Кузьяков Я.В. Вклад ризомикробного и корневого дыхания в эмиссию / Я.В. Кузьяков, А.А. Ларимова // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 842–854.

Craine J.M. Predominance of ecophysiological controls on soil CO₂ flux in a Minnesota grassland / J.M. Craine, D.A. Wedin, F.S. Chapin // Plant Soil. – 1999. – V. 207. – P. 77–86.

Hanson P.J. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations / P.J. Hanson, N.T. Edwards, C.T. Garten et al. // Biogeochemistry. – 2000. – № 48. – P. 115–146.

РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕФОРМАЦИОННОМ ПОВЕДЕНИИ ПОЧВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.В. Старцев
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
E-mail: vik.startsev@gmail.com

Органическое вещество (ОВ) в почвах имеет важное экологическое значение. ОВ является источником поступления углерода в атмосферу, резервуаром элементов питания и т.д. Кроме этого, ОВ определяет физические свойства почв, участвует в формировании почвенной структуры (Loveland, Webb, 2003). В настоящее время наиболее информативным подходом к изучению физических свойств почв является реология (Хайдапова и др., 2016). Реологические исследования почв позволяют получить данные о качестве структурных связей, деформациях тел и прочности. Однако работ по реологии для почв горных территорий практически нет.

Цель работы – изучить влияние органического вещества на реологические свойства почв Приполярного Урала.