

Вертикальные потоки метана на мезоолиготрофном болоте таежной зоны Европейского Северо-Востока России

О. А. МИХАЙЛОВ, М. Н. МИГЛОВЕЦ, С. В. ЗАГИРОВА

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
E-mail: mikter@mail.ru*

Статья поступила 23.01.2014

Принята к печати 26.08.2014

АННОТАЦИЯ

Приведены данные измерений вертикальных потоков метана на мезоолиготрофном болоте средне-таежной подзоны методом микровихревых пульсаций (eddy covariance). В сезонной динамике выявлена тесная связь скорости эмиссии метана с уровнем грунтовых вод и температурой почвы на глубине 10–20 см. Суммарная эмиссия метана с апреля по октябрь составила 22,4 г/м², что выше результатов измерений, выполненных другими авторами для болотных экосистем циркумбореальной зоны.

Ключевые слова: метан, вертикальные потоки, мезоолиготрофное болото, метод микровихревых пульсаций.

Происхождение атмосферного метана на 70–80 % связано с биологическими процессами. Высоким метаногенным потенциалом характеризуются переувлажненные почвы, в том числе болотных экосистем [Задорожный и др., 2010]. Средняя величина глобальной эмиссии метана с поверхности болот составляет 143 Мт в год [Мохов и др., 2007]. С потеплением климата в результате таяния многолетней мерзлоты в северных широтах ожидается усиление выбросов метана в атмосферу [Денисов и др., 2010]. Изучению вертикальных потоков метана на болотах Сибири посвящены работы многих авторов, их обзор представлен в работе Глаголева с соавт. [Glagolev et al., 2007]. Большинство этих измерений выполнено с использованием метода камер в разных типах растительных со-

обществ. На Европейском Северо-Востоке России исследования газообмена в тундровых сообществах методом камер показали, что скорость эмиссии метана в сезонной динамике тесно связана со стандартизованным индексом эффективных температур [Heikkinen et al., 2002a].

Метод микровихревых пульсаций (eddy covariance) значительно расширяет возможности получения экспериментального материала, позволяет непрерывно измерять суммарные потоки парниковых газов для всего биогеоценоза [Baldocchi et al., 1988; Moncrieff et al., 1997]. Он может успешно применяться при соблюдении таких условий, как ровный ландшафт на участке размещения оборудования и стабильность климатической системы в районе проведения исследований [Bal-

docchi, 2003]. На территории Европейского Северо-Востока России методом микровихревых пульсаций проведены измерения потоков метана в болотной экосистеме в течение нескольких суток весной 2008 г. [Gažović et al., 2010]. Цель работы – изучить сезонную динамику эмиссии метана в атмосферу на мезоолиготрофном болоте таежной зоны с использованием метода микровихревых пульсаций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с 1 апреля по 28 октября 2013 г. на мезоолиготрофном болоте Медла-Пэв-Нюр, расположенном в подзоне средней тайги на Европейском Северо-Востоке России, в 40 км на северо-запад от г. Сыктывкара (Республика Коми, 61°56′ с. ш., 50°13′ в. д.). На участке болота, где проводили измерения, преобладают растительные сообщества: 1) *Carex rostrata* Stokes – *Oxycoccus palustris* Pers. – *Carex limosa* L. – *Sphagnum* sp.; 2) *Andromeda polyfolia* L. – *Oxycoccus palustris* – *Scheuchzeria palustris* L. – *Sphagnum* sp. Незначительную площадь (до 5 %) занимают олиготрофные сообщества *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench – *Oxycoccus palustris* – *Andromeda polyfolia* – *Sphagnum* sp.

Измерительная система включала ультразвуковой анемометр (CSAT3, Campbell Scientific Inc, USA) и инфракрасный газоанализатор открытого типа (Li-7700, Li-Cor Inc., USA). Отбор проб воздуха проводили на высоте 3,93 м. Регистрация данных производилась с частотой 10 Гц, полученные результаты обрабатывали в программе EddyPro (Li-Cor Inc., USA).

Программный анализ состоял из математической и статистической обработки первичных данных. Для корректного расчета указывали информацию о высоте расположения приборов над поверхностью болота и расстояние между центральной частью рабочего пространства анемометра и рабочим пространством газоанализатора. При анализе учитывали такие показатели, как скорость и направление ветра в трех проекциях, температура воздуха, измеренная анемометром, среднее значение концентрации CH_4 за 30-ми-

нутный период измерений, атмосферное давление. Обработка данных включала также анализ и нивелировку временной разницы между измерениями скорости ветра и концентрации CH_4 для каждого 30-минутного временного периода.

Статистическую обработку первичных данных проводили согласно методике, которая включала нахождение физически значимых пределов разброса данных, выявление и удаление артефактов, вызванных случайными электронными помехами, возникающими вследствие скопления воды на преобразователях ультразвукового анемометра [Vickers, Mahrt, 1997]. Из общего массива также удаляли данные со слабой дисперсией, появляющейся вследствие низкой турбулентности атмосферы или технических проблем.

В результате получали среднюю величину потока метана за 30-минутный период, а также информацию, позволяющую оценить условия турбулентности в пограничном с поверхностью болота слое атмосферы (u^*), стабильность атмосферных условий в момент измерения (z/L) и время, за которое сменяется порция воздуха в рабочем пространстве газоанализатора (τ). Для определения площади покрытия измерениями пространства на исследуемом болоте (“следа”) использовали модель, описанную в литературе [Kljun et al., 2004].

Параметры микроклимата (температуру воздуха и почвы, интенсивность ФАР, падающей и отраженной солнечной радиации) и глубину снежного покрова регистрировали автоматической метеостанцией (Campbell Scientific Inc., США) с помощью регистратора CR3000. Измерения уровня грунтовых вод (УГВ) проводили с использованием автономных датчиков Keller DCX-38 (Keller AG, Швейцария). Эти приборы располагались вблизи измерительной системы по методу микровихревых пульсаций.

Суммарный поток метана за месяц рассчитывали по формуле:

$$B_{\text{CH}_4\text{мес}} = F_{\text{средн}} \times N_{\text{мес}},$$

где $B_{\text{CH}_4\text{мес}}$ – суммарный поток метана за месяц, $F_{\text{средн}}$ – средняя за сутки скорость вертикального потока метана ($\text{мг/м}^2 \cdot \text{сут}$), $N_{\text{мес}}$ – количество дней в месяце.

Статистическую обработку значений эмиссии метана проводили в программе STATISTICA 10 (лицензия Института биологии Коми НЦ УрО РАН).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия. Весной, в начале периода измерений, наблюдалась прохладная погода с отрицательными значениями среднесуточной температуры воздуха. Со второй половины апреля до конца мая 2013 г. в районе исследований установилась теплая погода с количеством осадков ниже среднеголетних значений (рис. 1, 2, табл. 1). В июне погода была неустойчивой, отмечали резкие перепады температуры воздуха. В первой декаде месяца дожди отсутствовали, основное количество осадков выпало во второй декаде июня. В июле установилась жаркая и относительно сухая погода. Среднесуточная температура воздуха варьировала в пределах +14...+21 °С, а количество осадков составило половину от многолетней нормы. В

августе сохранялась теплая погода, средняя температура воздуха достигала +15 °С, дождей выпало значительно больше, чем в июле. В сентябре установилась прохладная погода с обильными дождями в конце месяца. В октябре в некоторые дни температура воздуха достигала отрицательных значений.

В год проведения измерений активное таяние снежного покрова на болоте наблюдали после 13 апреля (рис. 3), когда температура воздуха достигала +6 °С. Полное исчезновение снежного покрова отмечено 21 апреля, что на 4 дня раньше указанной в литературе среднеголетней даты схода снега в районе исследований [Атлас..., 2011].

По данным многолетних наблюдений, начало вегетационного сезона в условиях средней тайги Республики Коми приходится на начало мая, а его продолжительность составляет 158 дней [Леса..., 1999]. В 2013 г. среднесуточная температура воздуха на болоте достигла +5 °С 5 мая, а вегетационный период продолжался 145 дней.

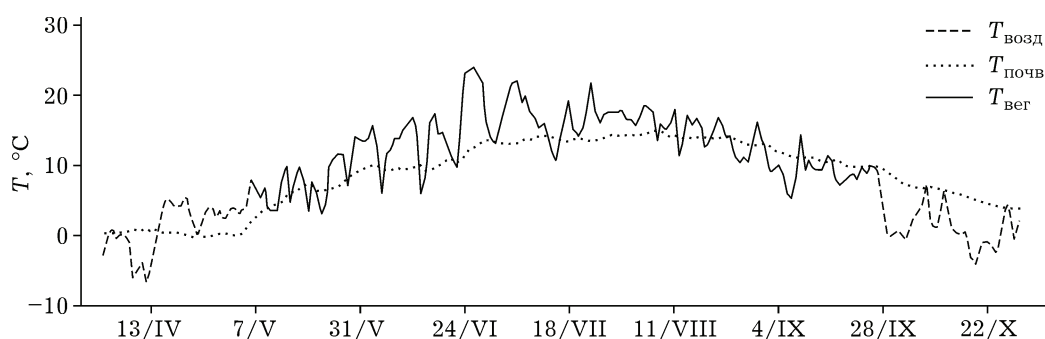


Рис. 1. Динамика среднесуточных температур в апреле – октябре 2013 г. ($T_{\text{возд}}$ – температура воздуха, $T_{\text{почв}}$ – температура почвы на глубине 15 см, $T_{\text{вег}}$ – температура воздуха в период вегетации)

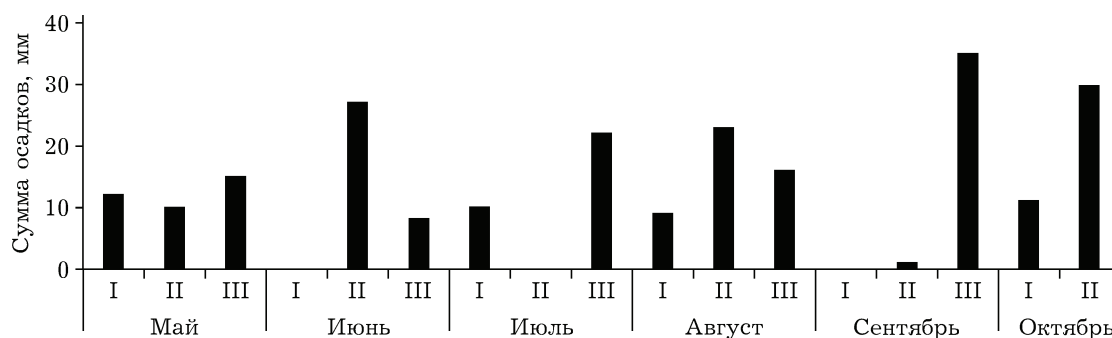


Рис. 2. Динамика суммы осадков по декадам в мае – октябре 2013 г. (данные для станции “Усть-Вымь” (по: [Агрометеорологический бюллетень ..., 2013])

Погодные условия в районе исследований за период май – октябрь 2013 г.

Год	Месяц	Параметры			
		среднемесячная температура воздуха, °С	отклонение от нормы, °С	осадки, мм	% к норме
2013	Май	8,4	1,6	37	77
	Июнь	16,6	2,9	35	52
	Июль	19	3	32	46
	Август	15,9	2,2	48	72
	Сентябрь	8,5	1	36	54
	Октябрь	0,8	1	72	124

П р и м е ч а н и е. Данные для станции “Усть-Вымь” по: [Агрометеорологический бюллетень..., 2013].

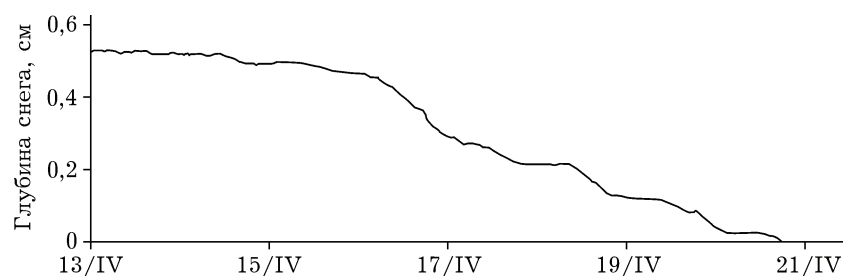


Рис. 3. Изменение глубины снежного покрова на болоте в апреле 2013 г.

В течение лета, с июня до третьей декады сентября, на болоте наблюдали постепенное снижение УГВ. Повышение УГВ после 20 сентября связывалось с началом периода обильных дождей (см. рис. 2, 4).

В целом, средняя температура воздуха за период измерений составила 8,8 °С.

Потоки метана. На исследованном болоте в течение периода измерений скорость эмиссии метана варьировала в широких пределах (рис. 5). До схода снега поток CH_4 в атмосферу с поверхности болота составлял $0,99 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{ч}$. В апреле, без учета данных с 20 по 28 апреля,

за сутки выделялось в среднем $27,8 \text{ мг/м}^2$ метана (рис. 6). В период 20–28 апреля, после схода снега, наблюдали кратковременный всплеск выбросов CH_4 , что, вероятно, объясняется активным таянием линз льда в торфяной залежи и освобождением накопленного в ней метана [Heuer et al., 2002].

В эти дни максимальные значения суммарной эмиссии достигали $162,7 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут}$. В мае, с началом периода вегетации, выбросы CH_4 в атмосферу удвоились. Максимальное среднее значение эмиссии в июле составило $254 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут}$ (табл. 2). Однако

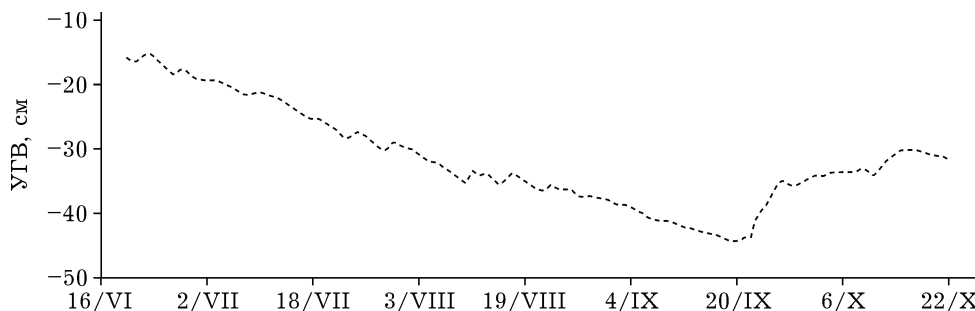


Рис. 4. Динамика среднесуточных значений уровня грунтовых вод в июне – октябре 2013 г.

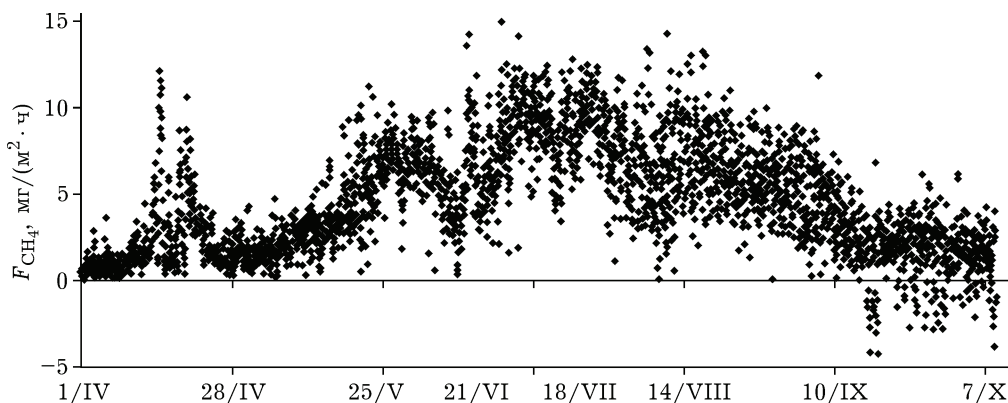


Рис. 5. Сезонная динамика скорости вертикального потока метана с поверхности мезоолиготрофного болота в атмосферу в апреле – октябре 2013 г.

следует отметить, что в конце июня – начале июля и в первой декаде августа, когда наблюдалось недостаточное количество осадков, отмечено кратковременное замедление скорости эмиссии метана (см. рис. 5). Со второй половины августа скорость эмиссии метана стала стабильно снижаться, а в конце октября поток метана достиг весенних значений.

Согласно исследованиям, проведенным другими авторами методом микровихревых пульсаций на этом же болоте в апреле 2008 г., до схода снега скорость эмиссии CH_4 составляет $0,54 \pm 0,17 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{ч}$ [Gažovič et al., 2010]. Это почти в два раза ниже результатов, полученных нами в аналогичный период 2013 г. На величину эмиссии метана весной может оказывать влияние температурный режим на

болоте в конце вегетации предыдущего года, так как низкая температура почвы осенью приводит к снижению популяции метанокисляющих бактерий и, соответственно, повышению эмиссии CH_4 весной следующего года [Saarnio et al., 1997]. В результате сравнения температурных условий в разные годы на исследованном болоте установлено, что в 2007 г. отрицательные значения среднесуточной температуры воздуха отмечены 4 ноября, а в 2012 г. – на две недели раньше (22 октября). Возможно поэтому в апреле 2013 г. наблюдалась более высокая эмиссия метана, чем та, что установлена в апреле 2008 г. другими авторами [Gažovič et al., 2010].

Т а б л и ц а 2

Сумма вертикальных потоков метана на мезоолиготрофном болоте Медла-Пэв-Нюр в 2013 г.

Месяц	Средний поток метана ($\text{мг/м}^2 \cdot \text{сут}$)	Баланс CH_4 за месяц (г/м^2)
Апрель (без учета данных с 20 по 28 апреля)	$27,8 \pm 14,8$	1,5
Апрель (с 20 по 28 апреля)	$93,3 \pm 37,6$	
Май	$62,7 \pm 27,1$	1,7
Июнь	$164,5 \pm 112,0$	4,3
Июль	$254,0 \pm 117,9$	6,2
Август	$113,7 \pm 41,2$	4,7
Сентябрь	$56,2 \pm 43,7$	2,7
Октябрь	$33,9 \pm 19,4$	1,3
Итого		22,4

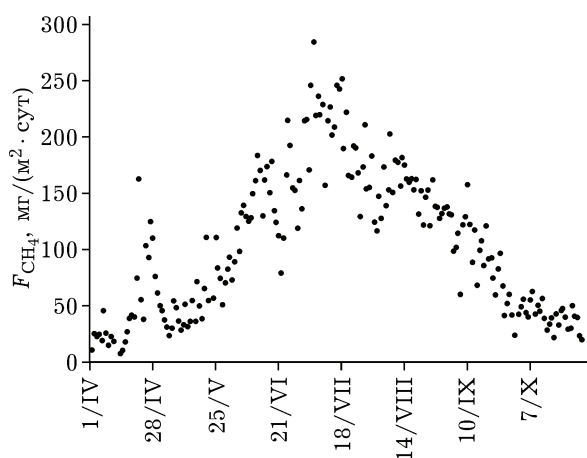


Рис. 6. Суточный баланс вертикальных потоков метана в апреле – октябре 2013 г.

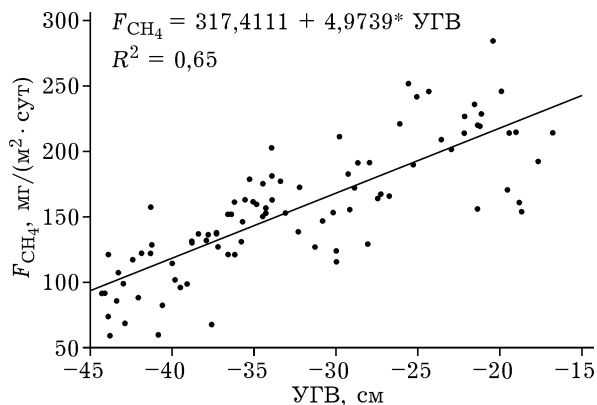


Рис. 7. Зависимость средней за сутки скорости вертикальных потоков метана от УГВ в период 24 июня – 24 сентября 2013 г.

Результаты измерений скорости эмиссии метана в мае–октябре на исследованном нами болоте оказались почти в два раза выше, чем на мезотрофном болоте Финляндии [Rinne et al., 2007], олиготрофном и мезотрофном болотах на севере Канады [Long et al., 2010; Nadeau et al., 2013].

Величина потока метана с поверхности болота в атмосферу является результирующей двух процессов – его продукции и окисления микроорганизмами, которые, в свою очередь, зависят от гидротермических условий [Moore et al., 1994; Christensen et al., 2004], количества и качества субстрата в почве [Whiting, Chanton, 1992; Dise, 1993; Valentine et al., 1994].

Установлен высокий уровень корреляции скорости вертикальных потоков метана с уровнем воды на болоте с 24 июня по 24 сентября 2013 г. Регрессионный анализ показал высокую зависимость в этот период средней за сутки скорости эмиссии метана от УГВ ($r = 0,81$; $p = 0,000$; $n = 90$) (рис. 7), эта связь описывается линейным уравнением. Увеличение уровня грунтовых вод на 20 см (от -40 до -20 см) приводило к усилению эмиссии метана с поверхности болота почти в 2 раза. Ранее другими авторами описана экспоненциальная зависимость между вертикальными потоками метана и уровнем воды на болоте [Heikkinen et al., 2002b; Глаголев и др., 2010]. Низкие значения выбросов метана в мае и октябре, когда уровень грунтовых вод выше, чем в июне – сентябре, свидетель-

ствуют о том, что в этот период действуют иные механизмы регуляции эмиссионного потока.

В сезонной динамике средняя за сутки скорость эмиссии зависит также от среднесуточной температуры почвы на глубине 15 см ($r = 0,81$; $p = 0,000$; $n = 200$) (рис. 8), эта связь описывается экспоненциальной функцией. Увеличение температуры от $+4$ до $+12$ °C приводило к возрастанию эмиссии метана с поверхности болота в четыре раза. Наши данные согласуются с данными других авторов, которые установили тесную корреляцию ($r = 0,71$) скорости вертикальных потоков CH_4 с температурой поверхности почвы в конце апреля – начале мая [Gažovič et al., 2010]. Влияние температуры торфяной залежи на потоки метана в атмосферу в сезонной динамике показано также в исследованиях болот в Западной Сибири [Глаголев, Смагин, 2006; Глаголев и др., 2010], Финляндии [Heikkinen et al., 2002b], Канаде [Long et al., 2010]. Согласно этим исследованиям, связь скорости эмиссии метана с температурным фактором становится более явной с увеличением продолжительности наблюдений.

Некоторые авторы отмечают, что теснота связи скорости вертикального потока метана от температуры почвы меняется в течение вегетационного периода. Так, Rinne с соавт. [2007] установили, что экспоненциальная зависимость скорости эмиссии CH_4 от температуры почвы на глубине 35 см проявляется до $+12$ °C. Согласно нашим исследованиям, экспоненциальный рост эмиссии метана с поверхности болота продолжался при температуре почвы на глубине 15 см до $+14$ °C (см. рис. 8).

В целом за период измерений (211 дней) суммарная эмиссия метана в атмосферу на исследованном нами болоте составила $22,4 \text{ г/м}^2$ (см. табл. 2), а за вегетационный период с мая по сентябрь – $19,6 \text{ г/м}^2$. Наиболее интенсивные выбросы метана происходили в июле в условиях благоприятного гидротермического режима на болоте. Полученные величины эмиссионного потока метана отличаются от результатов исследований других болот циркумбореальной зоны. Причиной этому могут быть разные погодные условия в годы на-

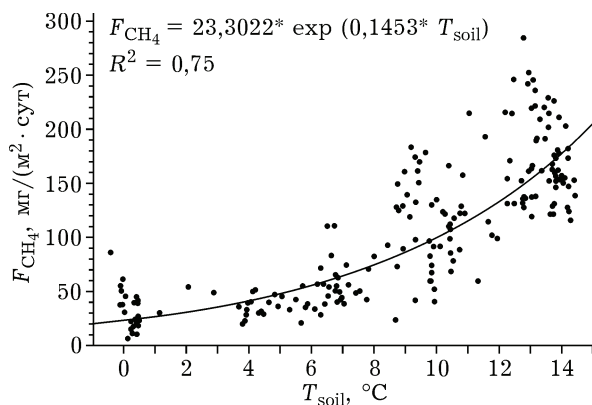


Рис. 8. Зависимость средней за сутки скорости вертикальных потоков метана от среднесуточной температуры почвы на глубине 15 см в период 1 апреля – 28 октября 2013 г.

блюдений. Так, на северо-востоке Канады в условиях недостаточного количества осадков (205–370 мм) и среднесуточной температуры +12 °С на олиготрофном болоте за период с 24 июня по 21 сентября (90 дней) баланс CH_4 составил 4,4 г/м² [Nadeau et al., 2013], а на мезотрофном болоте за период с 24 мая по 26 сентября (126 дней) – 3,2 г/м² [Long et al., 2010]. Наблюдения, проведенные в более теплый и влажный вегетационный период на мезотрофном болоте в Финляндии, показали, что за бесснежный период с конца мая по конец ноября (216 дней) суммарная эмиссия CH_4 составила 12,6 г/м² [Rinne et al., 2007]. Авторы других исследований в целом оценивают годовой баланс метана в 30 г/м² для олиготрофных болот Финляндии [Minkinen et al., 2002] и 21 г/м² в среднем для евразийских болот [Huttunen et al., 2003].

Как показывают исследования разных авторов, тип растительности также оказывает существенное влияние на транспортные потоки CH_4 из торфяной залежи в атмосферу [Whiting, Chanton, 1992; Shannon, White, 1994; Bubier et al., 1995]. В сообществах, образованных осокой, отмечена самая высокая скорость эмиссии метана [Panikov et al., 2001; Федоров и др., 2008]. Наши результаты подтвердили эти данные, присутствие осоки и шейхцерии в растительном покрове на исследованном болоте усиливало выбросы метана в атмосферу [Мигловец, Лукашева, 2013].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что скорость эмиссии метана с поверхности мезоолиготрофного болота таежной зоны на Европейском Северо-Востоке России возрастает после схода снега в апреле и достигает максимальных значений в июле. Во второй половине лета выбросы метана в атмосферу постепенно снижаются и достигают минимальных значений в октябре. Выявлена тесная зависимость среднесуточной скорости вертикального потока метана с температурой почвы на глубине 15 см в течение сезона и уровнем грунтовых вод в июне – сентябре. Суммарная эмиссия метана с апреля по октябрь составила 22,4 г/м², что существенно выше результатов, полученных некоторыми авторами для болотных экосистем Финляндии и Канады, но не превышает среднего годового баланса метана, рассчитанного для олиготрофных болот Финляндии и евразийского региона. Различия в скорости эмиссии метана с поверхности болот циркумбореальной зоны могут быть связаны с особенностями природно-климатических условий в районе исследований, погодными условиями в год проведения наблюдений, а также со структурой растительности и гидротермическим режимом болота.

Работа частично поддержана проектом ПРООН/ГЭФ 00059042 “Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора”.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрометеорологический бюллетень 2013 сельскохозяйственного года Республики Коми // Коми республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Сыктывкар, 2013. 160 с.
- Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. 448 с.
- Глаголев М. В., Сирина А. А., Лапшина Е. Д., Филиппов И. В. Изучение потоков углеродсодержащих парниковых газов в болотных экосистемах Западной Сибири // Вестн. ТГПУ. 2010. Вып. 3 (93). С. 120–127.
- Глаголев М. В., Смагин А. В. Количественная оценка эмиссии метана болотами: от почвенного профиля – до региона (к 15-летию исследований в Томской области) // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. № 3, вып. 3. С. 75–114.

- Денисов С. Н., Елисеев А. В., Мохов И.И. Оценка изменений эмиссии метана болотными экосистемами Северной Евразии в XXI веке с использованием результатов расчетов с региональной моделью климата // *Метеорология и гидрология*. 2010. № 2. С. 55–62.
- Задорожний А. Н., Семенов М. В., Ходжаева А. К., Семенов В. М. Почвенные процессы продукции, потребления и эмиссии парниковых газов // *Агрохимия*. 2010. № 10. С. 75–92.
- Леса Республики Коми / под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. М., 1999. 332 с.
- Мигловец М. Н., Лукашева М. В. Роль сосудистых растений в транспорте метана в атмосферу на мезо-олиготрофном болоте средней тайги // *XX Всерос. молодежн. науч. конф. "Актуальные проблемы биологии и экологии"*, 22–26 апреля 2013 г.: мат-лы докл. Сыктывкар, 2013. С. 91–92.
- Мохов И. И., Елисеев А. В., Денисов С. Н. Модельная диагностика изменений эмиссии метана болотными экосистемами во второй половине XX века с использованием данных реанализа // *Докл. АН*. 2007. Т. 417, № 2. С. 258–262.
- Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Хромов М. И. Эмиссия метана с торфяных залежей Иласского болотного массива Архангельской области // *Изв. РГО*. 2008. Т. 140, вып. 5. С. 40–47.
- Baldocchi D. D. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: past, present and future // *Global Change Biology*. 2003. N 9. P. 479–492.
- Baldocchi D. D. Hincks B. B., Meyers T. P. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods // *Ecology*. 1988. Vol. 69. N 5. P. 1331–1340.
- Bubier J. L., Moore T. R., Bellisario L., Corner N. T., Crill P. M. Ecological controls on methane emissions from a northern peatland complex in the zone of discontinuous permafrost, Manitoba, Canada // *Global Biogeochem. Cycles*. 1995. Vol. 9. P. 455–470.
- Christensen T. R., Friborg T., Akerman H. P., Mastepanov M. Thawing sub-arctic permafrost: effects on vegetation and methane emissions // *Geophys. Res. Lett.* 2004. Vol. 31. P. L04501.1–L04501.10.
- Dise N. B. Methane emission from Minnesota peatlands: spatial and seasonal variability // *Global Biogeochem. Cycles*. 1993. Vol. 7. P. 123–142.
- Gažovič M., Schreiber P., Kutzbach L., Wille C., Wilmking M. Diurnal dynamics of CH₄ from a boreal peatland during snowmelt // *Tellus B*. 2010. N 62. P. 133–139.
- Glagolev M. V., Maksyutov S. S., Peregon A. M., Shnyrev N. A. The data base of CH₄ emission from soils of Russia // *Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: Прошлое и настоящее: мат-лы II Междунар. полевого симп. (Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.)* / под ред. С.Э. Вомперского. Томск: НТЛ, 2007. С. 128–129.
- Heikkinen J. E. P., Maljanen M., Aurela M., Hargreaves K. J., Martikainen P. J. Carbon dioxide and methane dynamics in a sub-Arctic peatland in northern Finland // *Polar Res*. 2002. N 21 (1). P. 49–62.
- Heikkinen J. E. P., Elsakov V., Martikainen P. J. Carbon dioxide and methane dynamics and annual carbon balance in tundra wetland in NE Europe, Russia // *Global Biogeochem. Cycles*. 2002b. Vol. 16, N 4.
- Heyer J., Berger U. Kuzin I. L., Yakovlev O. N. Methane emissions from different ecosystem structures of the subarctic tundra in Western Siberia during midsummer and during the thawing period // *Tellus*. 2002. Vol. 54B. P. 231–249.
- Huttunen J. T., Nykänen H., Turunen J., Martikainen P. J. Methane emissions from natural peatlands in the northern boreal zone in Finland, Fennoscandia // *Atmospheric Environment*. 2003. Vol. 37, N 1. P. 147–151.
- Kljun N., Calanca P., Rotach M. W., Schmid H. P. A simple parameterization for flux footprint prediction // *Boundary Layer Meteorol.* 2004. N 112. P. 503–523.
- Long K. D., Flanagan L. B., Cai T. Diurnal and seasonal variation in methane emissions in a northern Canadian peatland measured by eddy covariance // *Global Change Biol*. 2010. N 16. P. 2420–2435.
- Minkinen K., Korhonen R., Savolainen I., Laine J. Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900–2100 – the impact of forestry drainage. // *Ibid*. 2002. N 8. P.785–799.
- Moncrieff J. B., Massheder J. M., de Bruin H., Elbers J., Friborg T., Heusinkveld B., Kabat P., Scott S., Soegaard H., Verhoef A. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide // *J. Hydrol.* 1997. N 188–189. P. 589–611.
- Moore T. R., Heyes A., Roulet N. T. Methane emissions from wetlands, southern Hudson Bay lowland // *J. Geophys. Res.* 1994. Vol. 99. P. 1455–1467.
- Nadeau D. F., Rousseau A. N., Coursolle C., Margolis H. A., Parlange M. B. Summer methane fluxes from a boreal bog in northern Quebec, Canada, using eddy covariance measurements // *Atmospheric Environment*. 2013. N 81. P. 464–474.
- Panikov N. S., Dedysh S. N., Kolesnikov O. M., Mardini A. I., Sizova M. V. Metabolic and environmental control on methane emission from soils: mechanistic studies of mesotrophic fen in West Siberia // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2001. F. 1. P. 415–428.
- Rinne J., Riutta T., Pihlatie M., Aurela M., Haapanala S., Tuovinen J.-P., Tuittila E.-S., Vesala T. Annual cycle of methane emission from a boreal fen measured by the eddy covariance technique // *Tellus B*. 2007. N 59. P. 449–457.
- Saarnio S., Alm J., Silvola J., Lohila A., Nykanen H., Martikainen P. J. Seasonal variation in CH₄ emissions and production and oxidation potentials at microsites on an oligotrophic pine fen // *Oecologia*. 1997. N 110. P. 414–422.
- Shannon R. D., White J. R. A three-year study of controls on methane emissions from two Michigan peatlands // *Biogeochemistry*. 1994. N 27. P. 35–60.
- Valentine D. W., Holland E. A., Schimel D. S. Ecosystem and physiological controls over methane production in northern wetlands // *J. Geophys. Res.* 1994. Vol. 99. P. 1563–1571.

Vickers D., Mahrt L. Quality control and flux sampling problems for tower and aircraft data // *J. Atmospheric and Oceanic Technol.* 1997. Vol. 14. P. 512–526.

Whiting G. J., Chanton J. P. Plant-dependent CH₄ emission in a subarctic Canadian fen // *Global Biogeochem. Cycles.* 1992. Vol. 6, Is. 3. P. 225–231.

Vertical Fluxes of Methane on the Meso-Oligotrophic Boreal Peatland in Northeast Russia

O. A. MIKHAYLOV, M. N. MIGLOVETS, S. V. ZAGIROVA

*Institute of Biology of Komi Science Center UB RAS
167982, Syktyvkar, Kommunisticheskaya str., 28
E-mail: mikter@mail.ru*

The data on the measurements of vertical methane fluxes in the meso-oligotrophic peatland of middle taiga subzone with the use of the eddy-covariance technique was presented. It was established that the rate of methane emission depended on water table level and soil temperature at the depth of 15 cm. The overall methane emission from April to October was 22.4 g m⁻², which is higher than the results of measurements made by other authors for peatland ecosystems of circumboreal zone.

Key words: methane, vertical fluxes, meso-oligotrophic peatland, eddy-covariance technique.