

УДК 574.4:551.343.72 (470.1)

ЭКОСИСТЕМНЫЙ ОБМЕН CO_2 И CH_4 ТОРФЯНЫХ БОЛОТ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

С. В. Загирова*, М. Н. Мигловец

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ул. Коммунистическая, 28, Сыктывкар,
Россия, 167982), *zagirova@ib.komisc.ru

В статье обобщены сведения об исследованиях экосистемного обмена диоксида углерода и эмиссии метана на мезо-олиготрофном и крупнобугристом болотах Европейского Северо-Востока России, различающихся по рельефу, структуре растительного покрова, температурному режиму воздуха и почвы, продолжительности периода вегетации. Использованы результаты измерений методом микровихревых пульсаций и статических камер в период вегетации. Установлены различия скорости и продолжительности стока CO_2 между двумя типами болот. Суммарный нетто-обмен CO_2 на мезо-олиготрофном болоте в бесснежный период соответствовал 450 г/м^2 , а на крупнобугристом – 150 г/м^2 . Кумулятивный поток метана в экосистеме крупнобугристого болота в два раза ниже, чем на мезо-олиготрофном. Присутствие многолетнемерзлых грунтов ограничивало экосистемные потоки парниковых газов на крупнобугристом болоте. В исследованных типах болот травянистые мочажины являлись основными источниками метана.

Ключевые слова: крупнобугристое болото; мезо-олиготрофное болото; диоксид углерода; метан; экосистемный обмен

Для цитирования: Загирова С. В., Мигловец М. Н. Экосистемный обмен CO_2 и CH_4 торфяных болот таежной зоны на Европейском Северо-Востоке России // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 8. С. 6–12. doi: 10.17076/eco1841

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (122040100031-8).

S. V. Zagirova, M. N. Miglovets. ECOSYSTEM EXCHANGE OF CO_2 AND CH_4 IN BOREAL PEATLANDS OF THE NORTH-EAST EUROPEAN RUSSIA

Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(28 Kommunisticheskaya St., 167982 Syktывkar, Russia), *zagirova@ib.komisc.ru

The article summarizes data from studies of the ecosystem exchange of carbon dioxide and methane emissions in a meso-oligotrophic bog and a palsa mire in North-East

European Russia, which differed in topography, plant cover structure, air and soil temperature regimes, and duration of the growing season. The study is based on the results of measurements by using the eddy-covariance and the static chamber methods during the growing season. Differences were detected in the rate and duration of CO₂ sink between the two ecosystems. The total net CO₂ exchange during the snowless period was 450 g/m² in the meso-oligotrophic bog, and 150 g/m² in the palsa mire. The cumulative methane flux in the palsa mire ecosystem was half that of the meso-oligotrophic bog due to the presence of permafrost soils. Herb-dominated hollows were the main sources of methane in the peatlands.

Keywords: palsa mire; meso-oligotrophic bog; carbon dioxide; methane; ecosystem exchange

For citation: Zagirova S. V., Miglovets M. N. Ecosystem exchange of CO₂ and CH₄ in boreal peatlands of the North-East European Russia. *Trudy Kareli'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 8. P. 6–12. doi: 10.17076/eco1841

Funding. The study was funded from the Russian federal budget through state assignment to the Institute of Biology of the Komi Science Centre (122040100031-8).

Введение

Болотные экосистемы играют важную роль в поглощении диоксида углерода из атмосферы и сохранении запасов углерода в торфяной залежи. Вместе с тем болота являются самыми крупными природными источниками метана в атмосферу. В Республике Коми торфяные болота занимают около 8 % площади, наиболее распространены являются верховые болота, общие запасы торфа в республике оценивают в 7,6 млрд т [Лесное..., 2000]. Несмотря на многолетнюю историю исследований болот и торфяных ресурсов в регионе, процессы обмена парниковых газов в болотных экосистемах разных типов остаются слабоизученными. Обмен диоксида углерода и эмиссия метана оценены в сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги [Ecosystem..., 2016]. Имеются сведения о вертикальных потоках метана на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги [Мигловец и др., 2021; Загирова и др., 2023]. Цель работы состояла в сравнении результатов измерений экосистемного обмена CO₂ и эмиссии CH₄ в двух типах болот таежной зоны, различающихся по гидротермическому режиму и структуре растительного покрова.

Объекты и методы

В работе приведены результаты измерений методом микровихревых пульсаций вертикальных потоков парниковых газов на границе фитоценоз – приземная атмосфера в период вегетации на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги (Республика Коми, Интинский

район, 65°55' с.ш. 60°26' в.д.) и мезо-олиготрофном болоте средней тайги (Республика Коми, Сыктывдинский район, 61°56' с.ш. 50°13' в.д.), полученные в 2012–2017 гг. На крупнобугристом болоте в торфяных буграх сохраняется многолетняя мерзлота, глубина сезонно-талого слоя в летние месяцы достигает 80 см. В растительном покрове бугров преобладают лишайниковые и кустарничково-лишайниковые сообщества. Грядово-мочажинный комплекс занимает около 48 % площади, многолетняя мерзлота на этих участках не обнаружена. Мезо-олиготрофное болото состоит из нескольких массивов, разделенных грядами, лесными островами и проточными топами. В радиусе измерений отмечены мезоэвтрофная травяно-моховая проточная топь, олиготрофные сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые и мезотрофные кустарничково-травяно-сфагновые сообщества.

Измерительная система включала стандартный комплект оборудования, состоящий из инфракрасного газоанализатора и ультразвукового анемометра. Первичные данные регистрировали с частотой 20 Гц, их обработку производили в программе EddyPro (Li-Cor Inc., USA). Полученные средние значения вертикального потока CO₂ (F_{CO_2}) за 30-мин период соответствовали нетто-обмену диоксида углерода (NEE) между болотом и приземной атмосферой и представляли сумму двух разнонаправленных процессов – экосистемного дыхания (R_{eco}) и gross-фотосинтеза (P_{gross}). Для заполнения пробелов в измерениях вертикальных потоков CO₂ использовали онлайн-инструмент Университета Макса Планка (Германия, <https://www.bgc-jena.mpg.de/bgi/index.php/Services/REddyProcWeb>).

Измерения эмиссии CH_4 с поверхности различных элементов микроландшафта болот проводили методом темных статических камер. Камеру объемом $0,1 \text{ м}^3$ устанавливали на металлическое основание с гидрозатвором площадью $0,25 \text{ м}^2$, врезанное в торфяную залежь на 30 см . Время экспозиции камеры составляло $10\text{--}20$ минут в зависимости от географического положения объекта и увлажнения. Камера снабжена вентилятором для равномерного перемешивания воздуха во внутреннем объеме и фитингами для подключения воздухозаборных магистральных патрубков анализатора. Концентрацию метана в камере измеряли инфракрасным анализатором GGA-30p (Los Gatos Research, США) каждую секунду в

течение экспозиции. Удельный поток (эмиссию) метана оценивали с использованием модифицированного уравнения идеального газа [Мигловец и др., 2018].

Температуру воздуха на высоте $1,5 \text{ м}$ и торфяной залежи на глубине 7 и 20 см регистрировали автоматической метеостанцией (Campbell Scientific Inc., США). Мощность сезонно-талого слоя регистрировали металлическим щупом. Определение содержания влаги в торфе бугра проводили датчиками S-SMC-M005 (погрешность $\pm 3,1 \%$, Onset, США). Уровень болотных вод (УБВ) измеряли автономными датчиками Keller DCX-38 (Keller AG, Швейцария) и Baro/Diver (Schlumberger Water Services, Нидерланды).

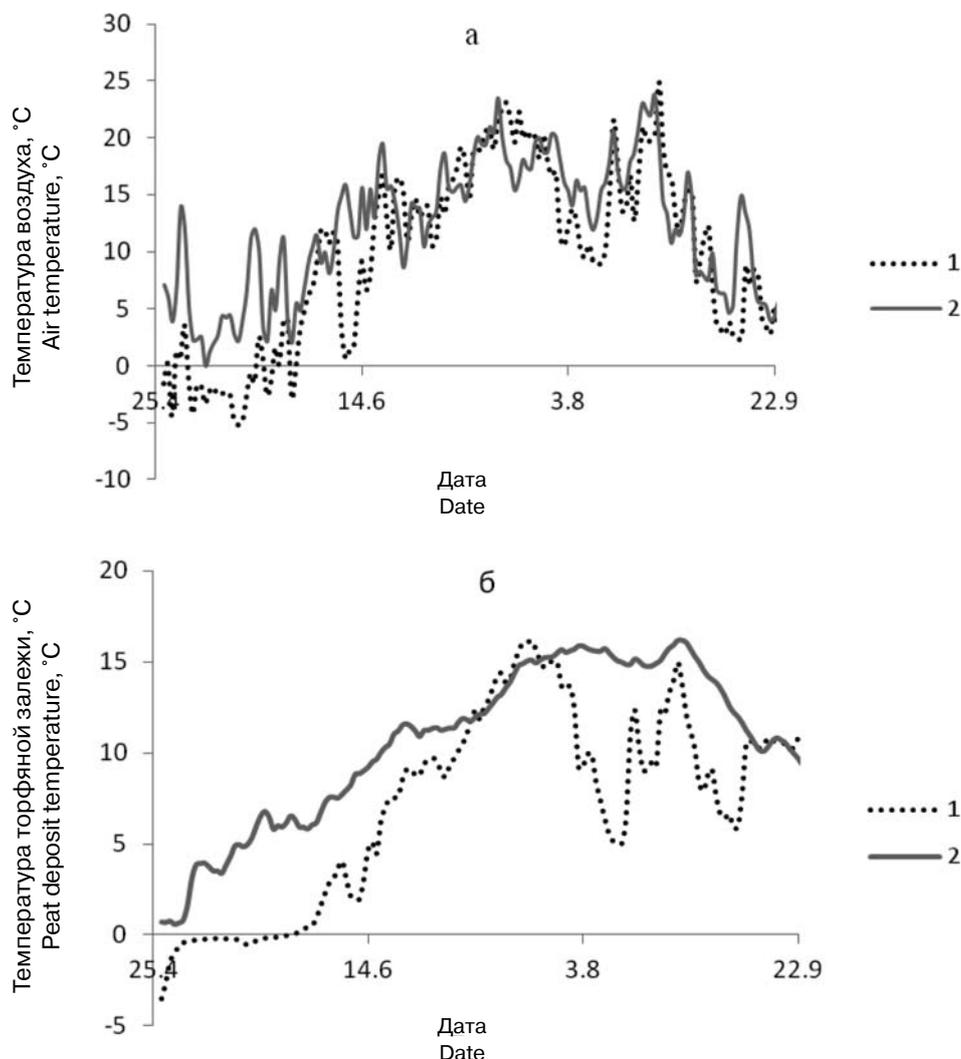


Рис. 1. Сезонный ход температуры воздуха (а) и торфяной залежи (б) на крупнобугристом (1) и мезо-олиготрофном (2) болотах

Fig. 1. Seasonal variation of air temperature (a) and peat deposit temperature (b) in the palsa mire (1) and meso-oligotrophic bog (2)

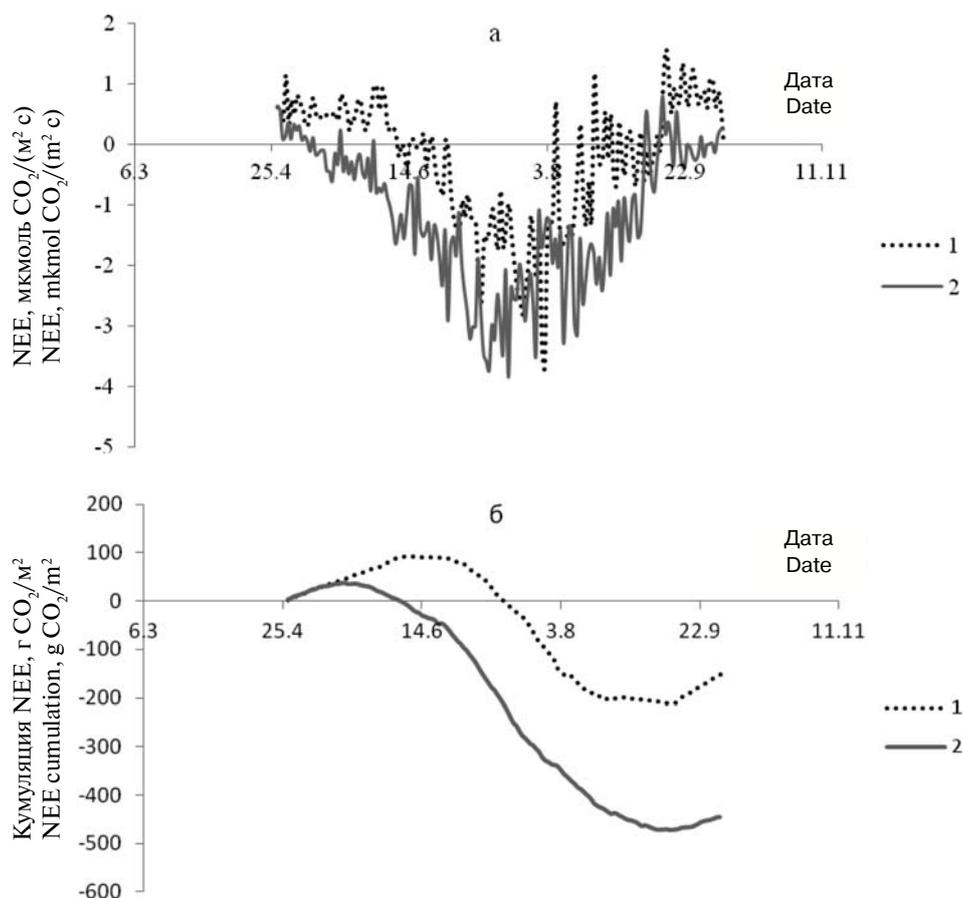


Рис. 2. Сезонный ход (а) и кумуляция (б) нетто-обмена CO_2 на крупнобугристом (1) и мезо-олиготрофном (2) болотах. Знак «+» указывает на направление потока CO_2 из экосистемы в атмосферу (источник), знак «-» соответствует потоку из атмосферы в экосистему (сток)

Fig. 2. Seasonal variation (a) and cumulation (б) of net CO_2 exchange in the palusa mire (1) and meso-oligotrophic (2) bog. '+' – direction of CO_2 flux from the ecosystem to the atmosphere (source), '-' – flux from the atmosphere to the ecosystem (sink)

Результаты и обсуждение

Присутствие многолетней мерзлоты в почвогрунтах ограничивало экосистемный обмен парниковых газов между крупнобугристым болотом и приземной атмосферой. В среднетаежной подзоне отмечали более благоприятный температурный режим для биохимических процессов. Весной на крупнобугристом болоте переход температуры воздуха и верхних горизонтов почвы к положительным значениям отмечен на месяц позже, чем на мезо-олиготрофном (рис. 1, а).

По величине нетто-обмена CO_2 можно судить о функции поглощения или эмиссии парникового газа в определенный момент времени и количественно оценить величину стока атмосферного углерода в экосистему. Крупнобугристое болото являлось источником диоксида

углерода до середины июля, в этот период экосистемное дыхание превалировало над фотосинтезом. С середины июля до середины сентября болото выполняло функцию стока атмосферного CO_2 . На мезо-олиготрофном болоте положительный баланс нетто-обмена CO_2 регистрировали с конца мая до середины сентября, во второй половине сентября экосистема переходила от стока к эмиссии диоксида углерода. В период вегетации продолжительность положительного суточного баланса нетто-обмена на мезо-олиготрофном болоте составила около 110, а на крупнобугристом – 60 дней.

Кумуляция нетто-обмена CO_2 с мая по сентябрь на мезо-олиготрофном болоте составила -450 , а на крупнобугристом -150 г/м² (рис. 2). Полученное значение нетто-обмена на мезо-олиготрофном болоте заметно больше, чем установлено ранее на мезотрофном

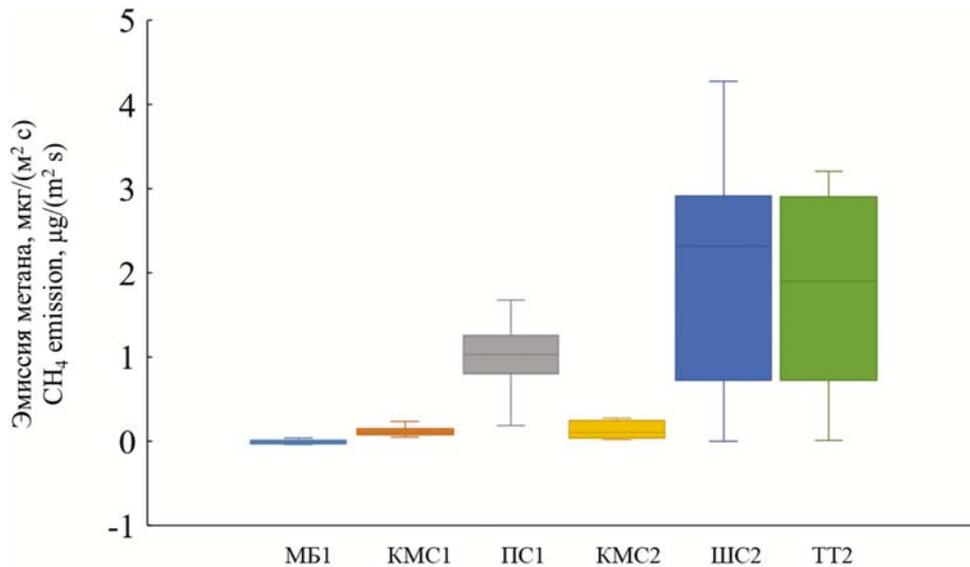


Рис. 3. Сезонная медиана эмиссии метана на крупнобугристом (1) и мезо-олиготрофном (2) болотах:

МБ – мерзлотный бугор; КМС – кустарничково-морозково-сфагновое, ПС – пушицево-сфагновое, ШС – шейхцериево-сфагновое сообщества, ТТ – травянистая эвтрофная топь. Линия соответствует медиане, основание «ящика» – 1-й квартиль, вершина – 3-й квартиль. Планками погрешности обозначены выбросы

Fig. 3. Seasonal median of methane emission in communities of the palsa mire (1) and meso-oligotrophic bog (2):

МБ – permafrost hillock, КМС – shrub-cloudberry-sphagnum community, ПС – cotton grass-sphagnum community, ШС – scheuchzeria-sphagnum community, ТТ – herbaceous eutrophic swamp. The line corresponds to the median, the bottom of the 'box' is the 1st quartile, the top is the 3rd quartile. Error bars indicate outliers

болоте Финляндии (–186...–217 г/м² [Aurela et al., 2001]), олиготрофных болотах Западной Сибири (–132,44...–133,32 г/м² [Arneeth et al., 2002]) и Канады (–87...–146 г/м² [Lafleur et al., 2001]). Суммарный нетто-обмен CO₂ на крупнобугристом болоте меньше значений, полученных в сообществах южной тундры (–81...–105 г/м² [Marushchak et al., 2012]).

Согласно нашим исследованиям методом микровихревых пульсаций, кумулятивный экосистемный поток метана на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги за сезон составлял 11,2 г/м² [Загирова и др., 2023], что в два раза меньше, чем установлено на мезо-олиготрофном болоте среднетаежной подзоны [Михайлов и др., 2015]. Полученные величины суммарного потока метана значительно превышают результаты исследований других типов болот циркумбореальной зоны. Так, на северо-востоке Канады на олиготрофном болоте за период с июня по сентябрь баланс CH₄ составил 4,4 г/м² [Nadeau et al., 2013], а на мезотрофном болоте с мая по сентябрь – 3,2 г/м² [Long et al., 2010]. В Финляндии на мезотрофном болоте с конца

мая по конец ноября эта величина составила 12,6 г/м² [Heyer et al., 2002].

Результаты измерений камерным методом показали, что на болотах таежной зоны травянистые мочажины (пушицево-сфагновые и шейхцериево-сфагновые сообщества) являются основным источником метана (рис. 3). Однако средняя скорость эмиссии метана с поверхности мочажин на крупнобугристом болоте в два раза ниже, чем было установлено ранее на мезо-олиготрофном [Мигловец, Лукашева, 2015; Ecosystem..., 2016].

Экосистемный поток метана на мезо-олиготрофном болоте среднетаежной подзоны, по результатам измерений пульсационным методом, зависит от температуры почвы на глубине 10–20 см и УБВ [Михайлов и др., 2015], что согласуется с результатами исследований на болотах Западной Сибири [Глаголев и др., 2010] и Финляндии [Heikkinen et al., 2002]. На крупнобугристом болоте сезонная переменность потока метана в травяно-сфагновых мочажинах обусловлена температурой и УБВ, а на торфяном бугре – мощностью сезонно-талого слоя, температурой активного слоя торфа

и его влажностью [Загирова и др., 2023]. При этом торфяные пятна мерзлого бугра характеризуются слабой эмиссией метана, а в лишайниковых и кустарничково-лишайниковых сообществах наблюдается незначительное поглощение этого газа, что, по мнению некоторых авторов, является результатом низкой продукции метана, обусловленной присутствием многолетнемерзлых пород, и высокой плотностью торфа мерзлотных бугров, препятствующей диффузии этого газа в приземные слои атмосферы [Nykänen et al., 2003].

Выводы

В последние десятилетия изучению экосистемных функций болот уделяют большое внимание во всем мире, что связано прежде всего с их ролью в поглощении парниковых газов из атмосферы и сохранении значительных запасов углерода органического вещества в почвах. Согласно опубликованным данным, исследованные болота таежной зоны в период вегетации выполняют функцию стока диоксида углерода из приземной атмосферы в экосистему, однако различаются по скорости нетто-обмена. Суммарный нетто-обмен CO₂ на мезо-олиготрофном болоте среднетаежной подзоны значительно выше, чем на крупнобугристом в крайнесеверной тайге. Основным источником поступления метана в атмосферу на болотах являлись травянистые мочажины и топи, где скорость поступления метана в атмосферу зависела от температуры почвы и УБВ. На крупнобугристом болоте мощность сезонно-талого слоя, температура активного слоя торфа и его влажность определяли поступление парниковых газов в атмосферу с поверхности мерзлых бугров.

Литература

Глаголев М. В., Сирин А. А., Лапшина Е. Д., Филиппов И. В. Изучение потоков углеродсодержащих парниковых газов в болотных экосистемах Западной Сибири // Вестник ТГПУ. 2010. Вып. 3(93). С. 120–127.

Загирова С. В., Мигловец М. Н., Якубенко С. В. Оценка потоков метана в экосистеме крупнобугристого болота подзоны крайнесеверной тайги на Европейском Северо-Востоке России (по результатам двух методов измерений) // Сибирский экологический журнал. 2023. № 2. С. 136–147. doi: 10.15372/SEJ20230203

Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Ред. Г. М. Козубов, А. И. Таскаев. М.: ДИК, 2000. 512 с.

Мигловец М. Н., Загирова С. В., Гончарова Н. Н., Михайлов О. А. Суммарная эмиссия метана на крупнобугристом болоте крайнесеверной тайги в теплый

период года // Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2018. № 1. С. 34–38. doi: 10.31140/j.vestnikib.2018.1(203).10

Мигловец М. Н., Загирова С. В., Гончарова Н. Н., Михайлов О. А. Эмиссия метана с крупнобугристого болота на северо-востоке европейской части России // Метеорология и гидрология. 2021. № 1. С. 93–102.

Мигловец М. Н., Лукашева М. В. Удельные потоки метана на крупнобугристом торфянике крайнесеверной тайги // Актуальные проблемы биологии и экологии: Мат-лы докл. XXII Всерос. молодежн. науч. конф. (г. Сыктывкар, 6–10 апреля 2015 г.). Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2015. С. 138–141.

Михайлов О. А., Мигловец М. Н., Загирова С. В. Вертикальные потоки метана на мезоолиготрофном болоте таежной зоны Европейского Северо-Востока России // Сибирский экологический журнал. 2015. № 3. С. 452–460. doi: 10.15372/SEJ20150312

Arneeth A., Kurbatova J., Kolle O., Shibistova O. B., Lloyd J., Vygodskaya N. N., Schulze E.-D. Comparative ecosystem-atmosphere exchange of energy and mass in a European Russian and a central Siberian bog II. Interseasonal and interannual variability of CO₂ fluxes // Tellus B. 2002. Vol. 54(5). P. 514–530. doi: 10.3402/tellusb.v54i5.16684

Aurela M., Laurila T., Tuovinen J.-P. Seasonal CO₂ balances of a subarctic mire // J. Geophys. Res. D. 2001. Vol. 106(2). P. 1623–1637. doi: 10.1029/2000JD900481

Ecosystem of a mesooligotrophic peatland in North-Western Russia: development, structure, and function / Eds S. Zagirova, J. Shneider. Syktyvkar: Komi SC UrD RAS, 2016. 172 p.

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 Research. 2002. No. 21(1). P. 49–62. doi: 10.3402/polar.v21i1.6473

Heyer J., Berger U., Kuzin I. L., Yakovlev O. N. Methane emissions from different ecosystem structures of the subarctic tundra in Western Siberia during mid-summer and during the thawing period // Tellus B. 2002. Vol. 54B. P. 231–249. doi: 10.3402/tellusb.v54i3.16663

Lafleur P. M., Roulet N. T., Admira S. W. Annual cycle of CO₂ exchange at a bog peatland // J. Geophys. Res. D. 2001. Vol. 106. P. 3071–3082. doi: 10.1029/2000JD900588

Long K. D., Flanagan L. B., Cai T. Diurnal and seasonal variation in methane emissions in a northern Canadian peatland measured by eddy covariance // Glob. Change Biol. 2010. No. 16. P. 2420–2435. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02083.x

Marushchak M. E., Kiepe I., Biasi C., Elsakov V., Friberg T., Johansson T., Soegaard H., Virtanen T., Martikainen P. J. Carbon dioxide balance of subarctic tundra from plot to regional scale // Biogeosci. Discuss. 2012. Vol. 9(8). P. 9945–9991. doi: 10.5194/bgd-9-9945-2012

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 // Atmos. Environ. 2013. No. 81. P. 464–474. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.09.044

Nykänen H., Heikkinen J. E. P., Pirinen L., Tiilikainen K., Martikainen P. J. Annual CO₂ exchange and CH₄ fluxes on a subarctic peatland during climatically

different years // *Global Biogeochem. Cycles*. 2003. Vol. 17, iss. 1. 1018. doi: 10.1029/2002GB001861

References

- Arneeth A., Kurbatova J., Kolle O., Shibistova O. B., Lloyd J., Vygodskaya N. N., Schulze E.-D. Comparative ecosystem-atmosphere exchange of energy and mass in a European Russian and a central Siberian bog II. Interseasonal and interannual variability of CO₂ fluxes. *Tellus B*. 2002;54(5):514–530. doi: 10.3402/tellusb.v54i5.16684
- Aurela M., Laurila T., Tuovinen J.-P. Seasonal CO₂ balances of a subarctic mire. *J. Geophys. Res. D*. 2001;106(2):1623–1637. doi: 10.1029/2000JD900481
- Glagolev M. V., Sirin A. A., Lapshina E. D., Filipov I. V. Study of fluxes of carbon-containing greenhouse gases in marsh ecosystems of Western Siberia. *Vestnik TSPU = Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2010;3(93):120–127. (In Russ.)
- 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 Research*. 2002;21(1):49–62. doi: 10.3402/polar.v21i1.6473
- 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 B*. 2002;54B:231–249. doi: 10.3402/tellusb.v54i3.16663
- Kozubov G. M., Taskaev A. I. (eds). *Forestry and forest resources of the Komi Republic*. Moscow: DIK; 2000. 512 p. (In Russ.)
- Laffleur P. M., Roulet N. T., Admira S. W. Annual cycle of CO₂ exchange at a bog peatland. *J. Geophys. Res. D*. 2001;106:3071–3082. doi: 10.1029/2000JD900588
- Long K. D., Flanagan L. B., Cai T. Diurnal and seasonal variation in methane emissions in a northern Canadian peatland measured by eddy covariance. *Glob. Change Biol*. 2010;16:2420–2435. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02083.x
- Marushchak M. E., Kiepe I., Biasi C., Elsakov V., Friborg T., Johansson T., Soegaard H., Virtanen T., Martikainen P. J. Carbon dioxide balance of subarctic tundra from plot to regional scale. *Biogeosci. Discuss*. 2012;9(8):9945–9991. doi: 10.5194/bgd-9-9945-2012
- Miglovets M. N., Lukasheva M. V. Specific methane flows in the palsa mire in the extreme northern taiga. *Aktual'nye problemy biologii i ekologii: Mat-ly dokl. XXII Vseros. molodezhn. nauch. konf. (g. Syktyvkar, 6–10 aprelya 2015 g.) = Current problems of biology and ecology: Proceed. XXII All-Russian youth scientific conference (Syktyvkar, April 6-10, 2015)*. Syktyvkar: Komi SC UrB RAS; 2015. P. 138–141. (In Russ.)
- Miglovets M. N., Zagirova S. V., Goncharova N. N., Mikhailov O. A. Methane emission from palsa mires in Northeastern European Russia. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2021;46(1):52–59. doi: 10.3103/S1068373921010076
- Miglovets M. N., Zagirova S. V., Goncharova N. N., Mikhailov O. A. Total methane emission at the palsa mire of extreme northern taiga in summer. *Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of RAS*. 2018;1:34–38. doi: 10.31140/j.vestnikib.2018.1(203).10 (In Russ.)
- Mikhailov O. A., Miglovets M. N., Zagirova S. V. Vertical methane fluxes in mesooligotrophic boreal peatland in European Northeast Russia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2015;8(3):368–375. doi: 10.1134/S1995425515030099
- 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. *Atmos. Environ*. 2013;81:464–474. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.09.044
- Nykänen H., Heikkinen J. E. P., Pirinen L., Tiilikainen K., Martikainen P. J. Annual CO₂ exchange and CH₄ fluxes on a subarctic palsa mire during climatically different years. *Global Biogeochem. Cycles*. 2003;17(1):1018. doi: 10.1029/2002GB001861
- Zagirova S. V., Miglovets M. N., Yakubenko S. V. Estimation of methane fluxes in the ecosystem of the palsa mire in the Far North taiga subzone in the European Northeast of Russia (according to the results of two measurement methods). *Contemporary Problems of Ecology*. 2023;2:136–147. doi: 10.15372/SEJ20230203 (In Russ.)
- Zagirova S., Shneider J. (eds). *Ecosystem of a mesooligotrophic peatland in Northwestern Russia: development, structure, and function*. Syktyvkar: Komi SC UrD RAS; 2016. 172 p.

Поступила в редакцию / received: 07.11.2023; принята к публикации / accepted: 04.12.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Загирова Светлана Витальевна

д-р биол. наук, заведующая отделом лесобиологических проблем Севера

e-mail: zagirova@ib.komisc.ru

Мигловец Михаил Николаевич

канд. биол. наук, научный сотрудник

e-mail: miglovets@ib.komisc.ru

CONTRIBUTORS:

Zagirova, Svetlana

Dr. Sci. (Biol.), Head of Department of Northern Forest Biology

Miglovets, Mikhail

Cand. Sci. (Biol.), Researcher