

Эмиссия метана в растительных сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги

© 2014. М. Н. Мигловец, аспирант, С. В. Загирова,
д.б.н., зав. отделом, О. А. Михайлов, аспирант,

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
E-mail: miglovec@bk.ru; zagirova@ib.komisc.ru; mikter@mail.ru

В статье приведены результаты изучения скорости эмиссии метана камерным методом в разных растительных сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги в летне-осенний период. Установлена корреляционная зависимость скорости потока метана от уровня грунтовых вод (УГВ), температуры воздуха и почвы для растительных сообществ, приуроченных к разным элементам микроландшафта.

The article presents the results of methane flux investigations using the chamber technique in different plant communities of meso-oligotrophic peatland of middle taiga during the vegetation period. The correlation between the rate of methane flux and water table level and air and soil temperature was found in plant communities in different relief elements.

Ключевые слова: болото, растительные сообщества, метан, эмиссия,
уровень грунтовых вод, температура

Keywords: peatland, plant communities, methane, emission, water table level, temperature

Концентрация метана (CH_4) в атмосфере в течение последних 10000 лет возросла от 580 до 730 ppb, а за последние два столетия – на 1000 ppb [1]. Вклад болотных экосистем в глобальную эмиссию CH_4 может достигать 15% от суммарной эмиссии всех известных источников антропогенного и биогенного метана [2]. Эмиссионный поток метана (E – нетто эмиссия) с поверхности болота является результирующей двух основных процессов – продукции метана (G) метаногенными бактериями и его поглощения метанотрофами (U) [3]:

$$E = G - U$$

Эмиссия CH_4 с поверхности болот характеризуется высокой пространственной и временной изменчивостью [4] и зависит от таких экологических факторов, как уровень грунтовых вод, температура воздуха и почвы, атмосферное давление. По мнению некоторых авторов [5, 6], сосудистые растения (макрофиты) являются важным «коридором» транспорта метана в атмосферу из болота, поэтому ботанический состав исследуемых сообществ может существенно влиять на скорость его эмиссии. Цель наших исследований состояла в характеристике сезонной динамики потоков метана в атмосферу с поверхности болота в зависимости от абиотических факторов.

Методика

Изучение потока метана проводили на мезо-олиготрофном болоте Медла-Пэв-Нюр (Республика Коми) на нескольких участках, различающихся по микрорельефу и видовому составу растительности (табл. 1), с июня по октябрь 2008 г.

Отбор проб производили с использованием алюминиевой камеры объемом 0,108 м³, установленной на алюминиевые рамки (600x600 мм) с желобом (заполняемым водой во избежание потерь воздуха) (рис. 1), углублённых в торфяную залежь на 400 мм [7–9]. Газ собирался в пластиковые шприцы объемом 60 мл в определённые промежутки времени суток с общей экспозицией 20 минут. Камеры укомплектованы электрическими вентиляторами для охлаждения и нагревания воздуха, термометрами и пластиковой трубкой для поддержания нужного атмосферного давления внутри камеры. Шприцы и пробка камеры снабжены сдерживающими кранами.

Анализ проб проводили на газовом хроматографе НР (Hewlett Packard – 5890 (II)), с использованием плазменно-ионизационного детектора. Микроклиматические параметры на болоте регистрировали автоматической метеостанцией фирмы Campbell Scientific

Таблица 1

Характеристика исследуемых участков

№ участка	Сообщество	Тип микрорельефа	Видовой состав и обилие видов*
1	Олиготрофное травяно-кустарничко-сфагновое	Мочажина	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Scheuchzeria palustris</i> (10%) и <i>Oxycoccus palustris</i> (5%). <i>Carex limosa</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> и <i>Chamaedaphne calyculata</i> встречаются единично. В моховом ярусе всё пространство занимают мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
2	Мезотрофное травяно-кустарничко-сфагновое	Осоково-сфагновый ковёр	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Carex rostrata</i> (10%), <i>Oxycoccus palustris</i> (10%) и <i>Carex limosa</i> (10%). Незначительное пространство занимают <i>Andromeda polifolia</i> (4%) и <i>Scheuchzeria palustris</i> (4%). В моховом ярусе доминируют мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
3	Мезо-евтрофное кустарничко-травяно-сфагновое	Кочка	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Andromeda polifolia</i> (10%), <i>Oxycoccus palustris</i> (7%), <i>Carex rostrata</i> (5%) и <i>Scheuchzeria palustris</i> (5%). Незначительное пространство занимают <i>Betula nana</i> (4%) и <i>Carex limosa</i> (3%). В моховом ярусе доминируют мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
4	Мезо-евтрофное травяно-сфагновое	Топь	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Scheuchzeria palustris</i> (до 50%) и <i>Utricularia intermedia</i> (20%). Незначительное пространство занимают <i>Oxycoccus palustris</i> (4%), <i>Menyanthes trifoliata</i> (4%), <i>Carex limosa</i> (4%) и <i>Andromeda polyfolia</i> (3%). Единично встречается <i>Betula nana</i> . Моховой ярус представлен мхами рода <i>Sphagnum</i> (80%).

Примечание: *видовые названия высших сосудистых растений даны по [10], обилие видов определяли по шкале Друде [11].

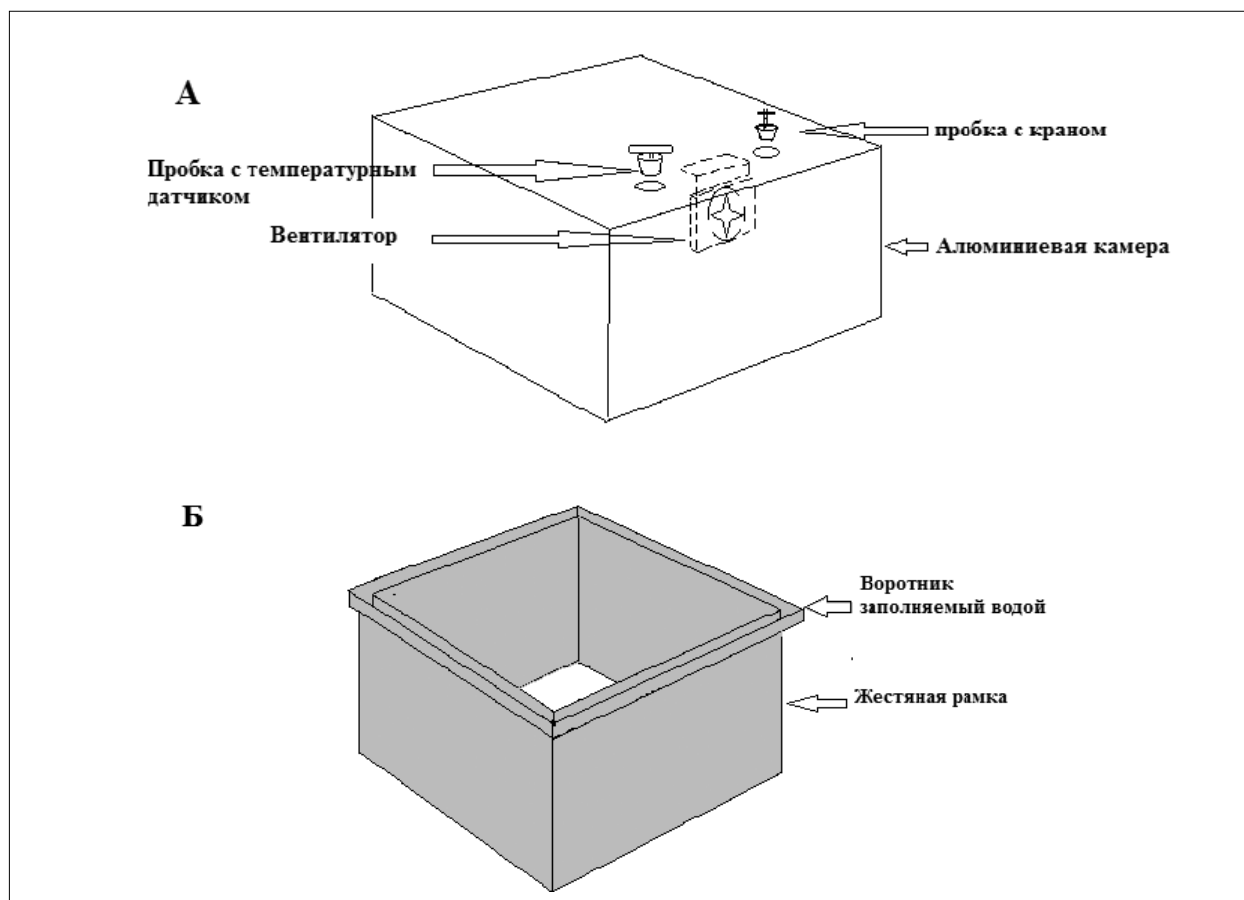


Рис. 1. Схема строения камеры (А) и ограничивающей рамки (Б)

(Великобритания). Температуру почвы на участках на глубине 30 см измеряли автоматическими датчиками фирмы Hobo (США). Для определения уровня грунтовых вод использовали пластмассовые трубки, установленные в верхних горизонтах почвы.

Определение скорости эмиссии проводилось с помощью уравнения идеального газа, учитывая объём камеры и микроклиматические характеристики:

$$FCH_4 = \frac{M_{CH_4} \cdot p \cdot V \cdot dC/dt}{R \cdot A \cdot T}$$

где FCH_4 – величина эмиссии метана ($\mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$); M_{CH_4} – молярная масса метана ($16,043 \text{ г моль}^{-1}$); p – атмосферное давление на момент измерения (Па); V – объём камеры ($0,108 \text{ м}^3$); dC/dt – изменение концентрации газа во времени t ; R – универсальная газовая постоянная ($8,314472 \text{ Па м}^3 \text{ моль}^{-1} \text{ К}$); A – площадь рамы, ограничивающей поверхность ($0,36 \text{ м}^2$); T – температура внутри камеры на момент измерения (К).

По данным агрометеорологического бюллетеня Коми республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [12], погодные условия в 2008 г. были неустойчивыми, тёплые периоды чередовались с периодами резкого снижения среднесуточных температур воздуха. Начало периода вегетации было отмечено на полмесяца позже обычного. Тёплая погода установилась только во второй декаде июня, когда среднедневная температура составила $+14...+15^\circ\text{C}$. Количество осадков в начале лета ($50\text{--}77 \text{ мм}$) было больше многолетней нормы для района исследований. В июле преобладала жаркая погода без осадков со среднемесячной температурой $+16...+19^\circ\text{C}$. В период с 14 по 23 июля максимальная температура воздуха повышалась до $+28...+33^\circ\text{C}$. В первой декаде августа было прохладно, среднемесячная температура находилась в пределах $+13...+15^\circ\text{C}$. Во второй декаде августа установилась дождливая погода, осадков выпало в 2–3 раза больше обычного ($137\text{--}143\%$ от нормы). Продолжительность летнего периода была на 2–3 недели короче многолетней нормы. Сентябрь характеризовался прохладной погодой со среднемесячной температурой $+5...+7^\circ\text{C}$, что на $1\text{--}2^\circ\text{C}$ ниже нормы. Октябрь по сравнению с сентябрём был менее дождливым.

Результаты и их обсуждение

За период наблюдений скорость эмиссии метана с поверхности разных участков болота варьировала от $0,033$ до $14 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и в среднем за сезон составила $4,1 \pm 2,1 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Это в несколько раз выше результатов, полученных другими авторами. Так, в мезотрофных болотах средней тайги Западной Сибири [3] эмиссия метана достигает $1,57 \pm 1,2 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что почти в 2,5 раза ниже полученных нами значений.

Скорость эмиссии возрастала с конца июня до начала августа, после чего произошло резкое её снижение на всех участках на фоне снижения температуры почвы на глубине 30 см (рис. 2). В октябре отмечены минимальные и отрицательные значения потока метана, что может быть результатом активизации процессов жизнедеятельности метанотрофов и угнетения метаногенных микроорганизмов вследствие понижения среднесуточных температур [13].

Разные растительные сообщества, приуроченные к определённым формам микрорельефа, характеризовались разной скоростью эмиссии метана (рис. 2). Более интенсивное выделение метана отмечено с поверхности мезо-евтрофной травяно-сфагнутой проточной топи (№ 4) и мезотрофного кустарничко-травяно-сфагнутого ковра (№ 2), что согласуется с данными других авторов для сходных типов сообществ [3, 9, 14]. Менее активный поток отмечен с поверхности мезо-евтрофной кочки (участок № 3) и олиготрофной травяно-сфагнутой мочажины (участок № 1). В целом за весь вегетационный период средняя скорость эмиссии с поверхности мезотрофного и мезо-евтрофного участков составила $5,27 \pm 0,5$ и $5,35 \pm 0,5 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ соответственно. С поверхности олиготрофной мочажины средняя скорость эмиссии составила $4,19 \pm 0,5 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что в 3–4 раза выше, чем в сходных сообществах Западной Сибири [16] и в 2 раза выше, чем в сходной сфагнуто-шейхцериевой мочажине Иласского болотного массива Архангельской области [15].

Средняя для четырёх участков скорость эмиссии метана за сутки тесно коррелировала с температурой почвы на глубине 30 см, в меньшей степени – с температурой воздуха (рис. 3), что согласуется с данными других авторов [17].

В течение сезона прослеживается положительный отклик скорости эмиссии на разных участках на увеличение температуры

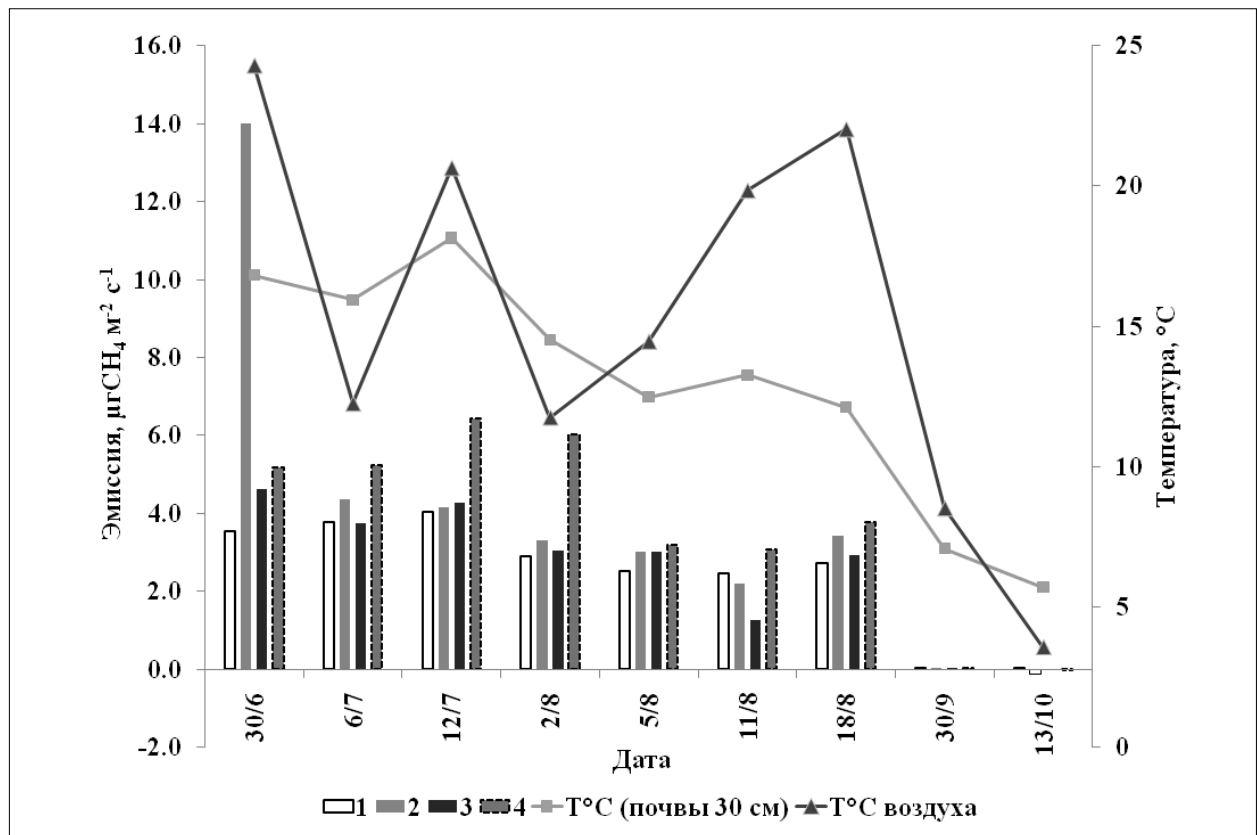


Рис. 2. Динамика скорости эмиссии метана, температуры воздуха на высоте 1,5 м и почвы на глубине 30 см (1–4 соответствуют номерам участков в табл. 1)

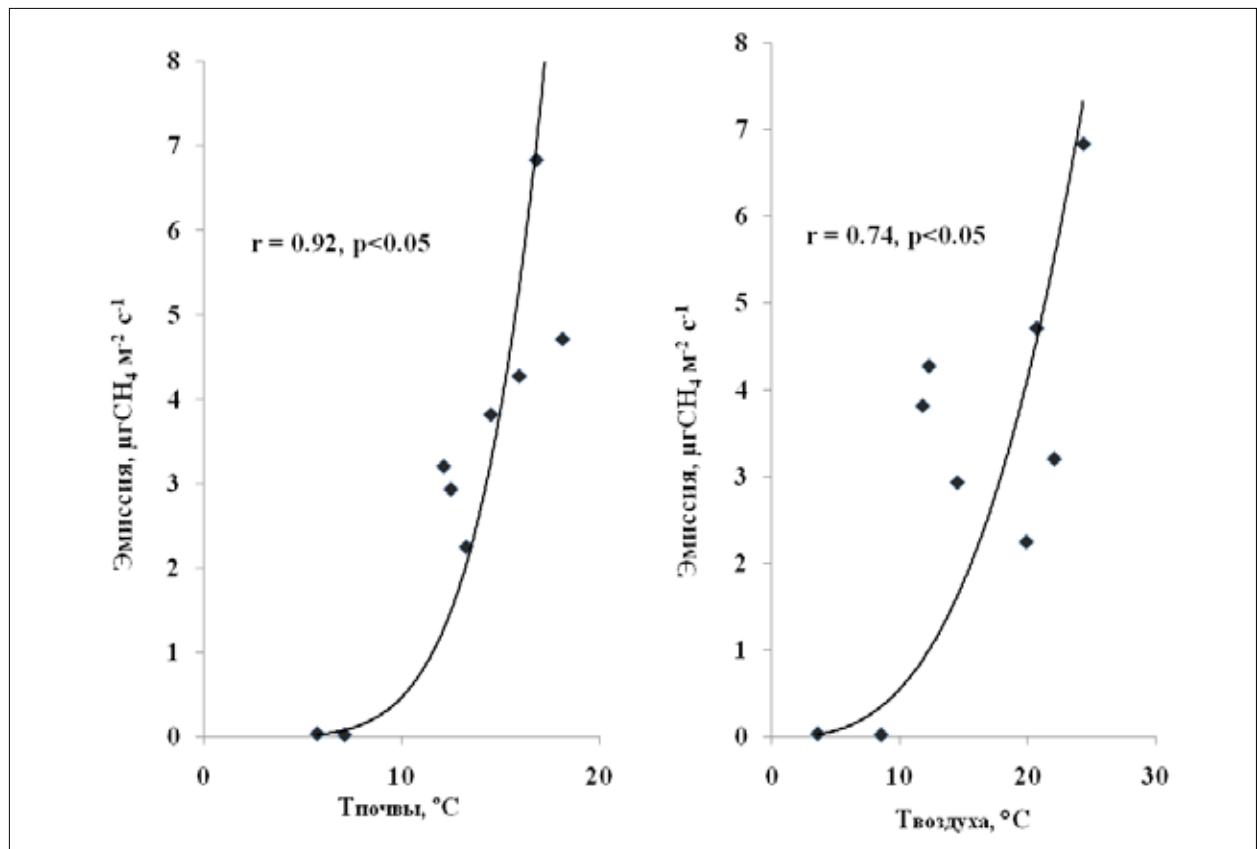


Рис. 3. Зависимость средней для всех участков скорости эмиссии метана от средневенной температуры почвы (Т_{почвы}) и воздуха (Т_{воздуха})

Таблица 2

Зависимость скорости эмиссии метана от температуры почвы и воздуха на исследуемых участках болота

№ участка	Температура почвы		Температура воздуха	
	r	p	r	p
1	0,98	0,00007	0,72	0,02
2	0,61	0,08	0,68	0,04
3	0,90	0,0007	0,69	0,03
4	0,95	0,00007	0,62	0,07

Примечание: r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости (величина значима при $p < 0,05$)

(рис. 3) как воздуха, так и почвы. Однако скорость эмиссии с поверхности обильно увлажнённых участков (табл. 2) имела более высокий коэффициент корреляции с температурой почвы.

Уровень грунтовых вод (УГВ) в течение сезона варьировал от -4 до -10,5 см на обводнённом участке мезоевтрофной топи и от -13 до -18 см на олиготрофной мочажине. В сезонной динамике при высоком уровне грунтовых вод происходило увеличение потока метана в атмосферу (рис. 4), что отмечали также другие авторы [14, 18, 19]. В начале осени, несмотря на увеличение УГВ, скорость эмиссии метана оставалась низкой, что могло быть связано с понижением среднесуточных температур и замедлением процессов метаногенеза.

Корреляционный анализ эмпирических данных за сезон подтвердил положительную зависимость потока метана от УГВ. В большей степени она характерна для олиготрофного участка мочажины ($r = 0,92$), где снижение обводнённости усиливает аэрацию торфа, соответственно, создаются более благоприятные условия для окисления метана метанотрофами [9].

Заключение

За период наблюдений на мезо-олиготрофном болоте средней тайги скорость эмиссии метана возрастала с июня до начала августа и снижалась в августе-октябре. Максимальные значения эмиссии метана отмечены с поверхности осоково-сфагнового ковра мезотрофного участка и мезо-евтрофной топи.

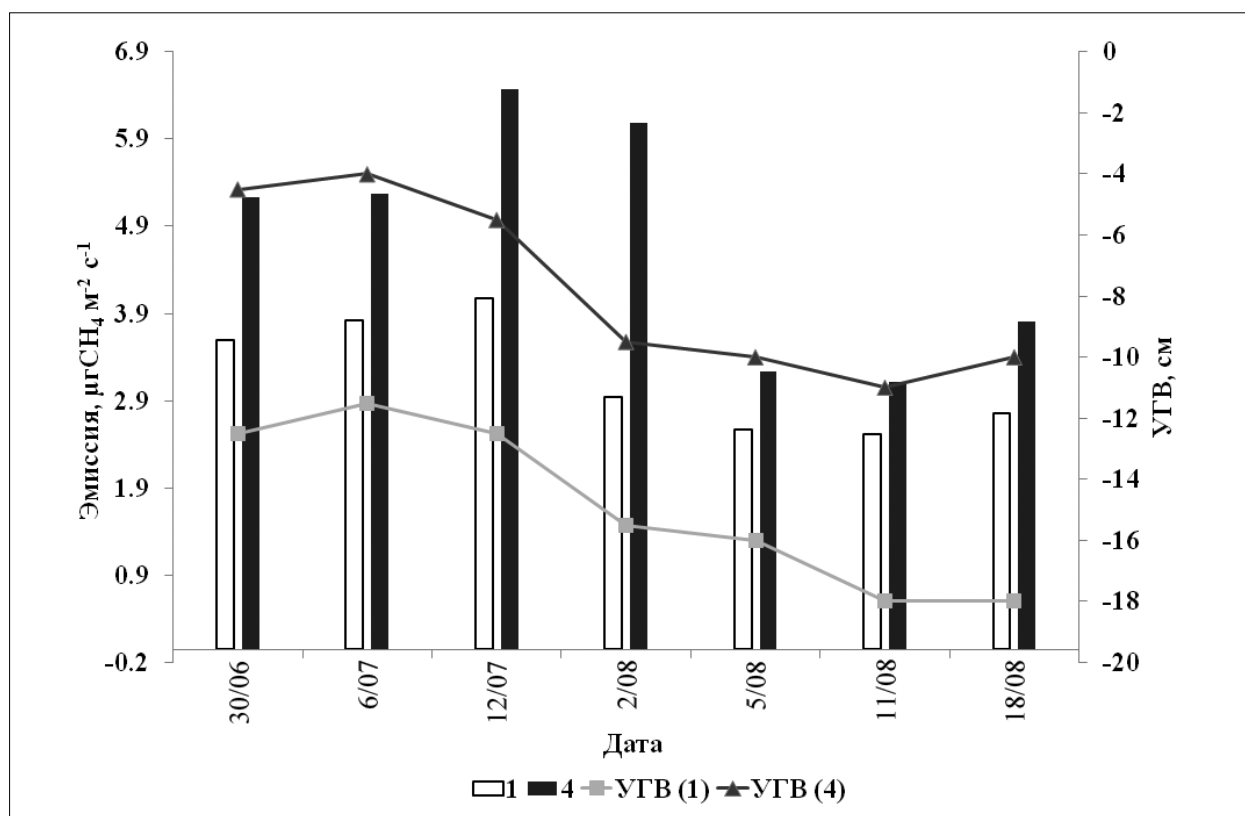
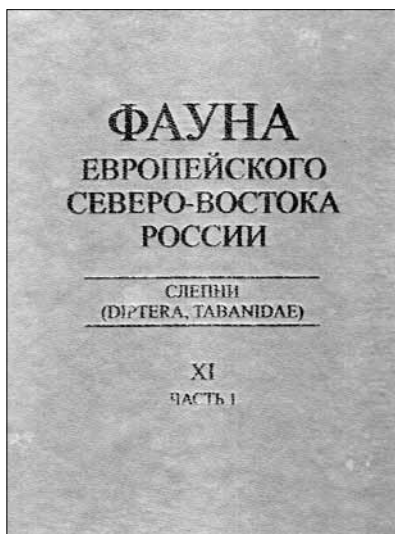


Рис. 4. Динамика скорости эмиссии метана и УГВ для топи (участок №4) и мочажины (участок №1)

В результате проведённых исследований была установлена положительная корреляция скорости эмиссии с температурой почвы ($r=0,92$) и с уровнем грунтовых вод ($r= 0,92$ для мочажины, $r= 0,65$ для топи).

Литература

1. IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change). Climate Change 2001 // The Scientific Basis. 2001. Cambridge University Press. Cambridge. 881 p.
2. Александров Г.А., Голицын Г.С., Мохов И.И., Петухов В.К. Глобальные изменения климата и регулирующая роль болот // Изв. РАН. Сер. географическая. 1994. № 2. С. 5–15.
3. Panikov N.S., Dedysh S.N., Kolesnikov O.M., Mardini A.I. and 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. № 1. P. 415–428.
4. Roulet N.T., Ash R., and Quinton W. CH₄ flux from drained northern peatlands: Effect of persistent water table lowering on flux // Global Biogeochemical Cycles. 1993. № 7. P. 749–769.
5. Whiting, G.J. and Chanton, J.P. Control of the diurnal pattern of CH₄ emission from emergent aquatic macrophytes by gas transport mechanisms // Aquatic Botany. 1996. № 54. P. 237–253.
6. Shannon, R.D., White J.R., Lawson, J.E. and Gilmour, B.S. CH₄ efflux from emergent vegetation in peatlands // Journal of Ecology. 1996. № 84. P. 239–246.
7. Bubier J., T. Moore, K. Savage, and P. Grill. A comparison of methane flux in a boreal landscape between a dry and a wet year // Global Biogeochemical Cycles. 2005. № 19. P. 1–11.
8. Christensen T. R., S. Jonasson, T. V. Callaghan, and M. Havstrom. Spatial variation in high-latitude methane flux along a transect across Siberian and European tundra environments // Journal of Geophysical Research. 1995. № 100. P. 35–45.
9. Kutzbach L., D. Wagner, and E.-M. Pfeiffer. Effect of microrelief and vegetation on methane emission from wet polygonal tundra, Lena Delta, Northern Siberia // Biogeochemistry. 2004. № 69. P. 341–362.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
11. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
12. Агротематический бюллетень 2007-2008 сельскохозяйственного года Республики Коми // Коми республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2008. Сыктывкар. 160 с.
13. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.
14. Schimel, J.P. Plant transport and methane production as controls on methane flux from arctic wet meadow tundra // Biogeochemistry. 1995. № 28. P. 183–200.
15. Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Хромов М.И. Эмиссия метана с торфяных залежей Иласского болотного массива Архангельской области // Известия РГО. 2008. Т. 140. Вып. 5. С. 40–46.
16. Sabrekov A. F., Kleptsova I. E., Glagolev M. V., Maksyutov Sh. Sh., Machida T. Methane emission from middle taiga oligotrophic hollows of Western Siberia // Вестник ТГПУ. 2011. Вып. 5 (107). С. 135–143.
17. Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырёв Н.А. Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2007. № 2. С. 197–210.
18. Moore, T.R., and Roulet N.T. Methane flux: water table relations in northern wetlands // Geophysical Research Letters. 1993. № 20. P. 587–590.
19. Bartlett K.B., Harriss R.C. and Sebacher D.I. Methane flux from coastal salt marshes // Journal of Geophysical Research. 1985. № 90(D3). P. 5710–5720.



Пестов С. В., Долгин М. М. Слепни (Diptera, Tabanidae). Фауна Европейского Северо-Востока России. Слепни. Т. XI, ч. 1 (СПб.: Наука, 2013. 190 с.).

В монографии приводятся сведения о распространении, численности, фенологии, внешней морфологии 39 видов слепней европейского Северо-Востока России. Дана характеристика ареалогической структуры фауны. Приведены определительные таблицы для имаго, куколок и личинок слепней региона.

Книга предназначена для энтомологов, зоологов, экологов, преподавателей вузов и студентов биологических специальностей.



Минеев Ю. Н., Минеев О. Ю. Птицы Большеземельской тундры и Югорского полуострова (СПб.: Наука, 2012. 383 с.).

Монография подводит итоги исследований фауны птиц малоизученного региона восточноевропейских тундр России более чем за 100-летний период. Обобщены материалы о распространении, статусе, численности и биологии птиц Большеземельской тундры и Югорского полуострова. На изученной территории выявлено 200 видов из 14 отрядов птиц. Проанализированы зонально-ландшафтное распределение и закономерности расширения ареалов птиц. Орнитофауна региона представляет зоогеографический интерес как гетерогенная, состоящая из европейских, сибирских, арктических и широко распространенных видов.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, орнитологов, биологов, экологов, зоогеографов, специалистов в области природопользования и охраны природы.



Шамрикова Е. В. Кислотность почв таёжной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России (СПб.: Наука, 2013. 157 с.).

В монографии представлены закономерности пространственно-временного варьирования показателей кислотно-основного состояния почв подзолистой и тундровой зон. По данным признакам определено сходство и различие между изучаемыми объектами в связи с проблемой классификации почв. Выявлен состав индивидуальных органических и неорганических компонентов, обуславливающих разные виды кислотности почв с использованием, как фундаментальных законов химии, так и новейших инструментальных физико-химических методов.

Книга предназначена для специалистов в области почвоведения, экологии, биологии, охраны окружающей среды и агрохимии.



Скупченко Л. А., Ширшова Т. И., Зайнуллина К. С. Виды барбариса (*Berberis L.*) в культуре на Севере (Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 148 с.).

В монографии представлены итоги интродукционных исследований видов и разновидностей барбариса (*Berberis L.*) в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Исследованы особенности развития, сезонного роста побегов, изменчивость морфологических признаков, зимостойкость и долголетие видов в культуре. Рассматриваются анэкология, ультраскульптураспермодермы семян для выявления таксономической принадлежности вида, онтогенез отдельных видов. Приведены данные о содержании биологически активных веществ и составе микронутриентов у некоторых видов *Berberis*.

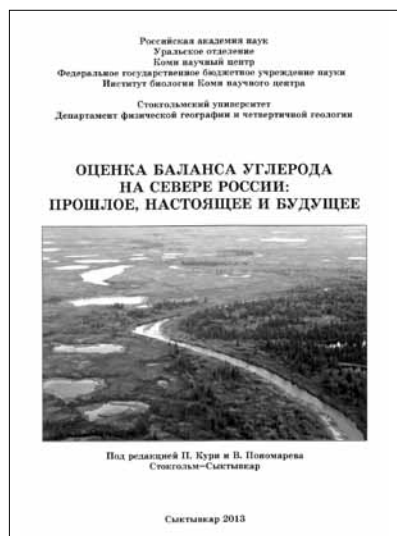
Книга может быть полезна специалистам в области интродукции растений, лесного хозяйства, зелёного строительства и декоративного садоводства, ботаники, биологических ресурсов, фитохимии.



Сенькина С. Н. Водный режим сосны и ели в фитоценозах Севера (Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 104 с.).

На основе обширного фактического материала, полученного в результате многолетних стационарных исследований, характеризуется водный режим основных лесообразующих пород Севера – сосны обыкновенной и ели сибирской. Обобщены данные об интенсивности транспирации, оводнённости, водном дефиците, водном потенциале и устьичном сопротивлении хвои обеих пород. Доказана зависимость водообмена от условий среды обитания, климатических факторов, возраста хвои и положения её в кроне. Рассчитаны энергопродукционные показатели влагообмена в хвойных фитоценозах (транспирационные коэффициенты, продуктивность и экономность транспирации). Определены потенциальные запасы свободной воды в хвое древостоев разных типов леса и скорость её расходования.

Книга предназначена для специалистов в области физиологии растений, экологов, а также аспирантов, магистрантов и студентов биологических и лесохозяйственных профилей высших учебных заведений.



Оценка баланса углерода на севере России: прошлое, настоящее и будущее / Под ред. П. Кури и В. Пономарёва (Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2013. 64 с.).

В издании представлены основные итоги международного проекта «Оценка баланса углерода на севере России: прошлое, настоящее и будущее», профинансированного VI Рамочной программой Европейского Союза в 2006–2010 гг. и нацеленного на определение количества выбросов парниковых газов на севере России. Работа над проектом объединила более 50 учёных из 17 учреждений Великобритании, Германии, Дании, Нидерландов, Финляндии, России, США и Швеции. В работе обобщены современные знания в области изучения климата и окружающей среды прошлых эпох, проведены комплексные исследования растительности, почв и многолетней мерзлоты, составлены карты, охарактеризованы потоки парниковых газов и гидрологический режим рек, выполнены экосистемное, гидрологическое и климатическое моделирование, а также экстраполяция и интеграция данных.

Издание рассчитано на самый широкий круг читателей.