

Трансформация маломощной переходно-низинной залежи торфа такой же давности и степени осушения, что и бедные переходные болота, протекает совершенно другим путем. Микрофлора богатых торфяных почв региона бурно реагирует на осушение, усваивая первоначально легкодоступные компоненты торфообразующих остатков растений на поверхности залежи и в 0–10-сантиметровом слое торфа приканальной зоны. Постепенно в процессы микробной деструкции вовлекаются устойчивые части растительных остатков в более глубоких слоях торфяной залежи по всей площади межканальной полосы. Наименее устойчивы к воздействию почвенной биоты маломощные (до 1 м) залежи торфа, на которых возобновляется береза. За 35-летний период осушения мощность метровой залежи торфа как в березняке осоково-сфагновом, так и под культурами ели уменьшилась вдвое по всей площади 150-метровой межканальной полосы. По мнению Р.М. Морозовой [2], в южной Карелии торфяные осушенные почвы, развитые на маломощных торфах, могут перейти в подтип торфяно-глеевых; с увеличением степени разложения торфа в результате его интенсивной минерализации торфяные почвы могут преобразовываться в вид перегнойно-глеевых. Активизация почвообразовательного процесса болотных и болотно-подзолистых почв, изменение соотношения почвенных типов и подтипов почв, уменьшение доли болотных типов и увеличение доли болотно-подзолистых почв отмечено в Ленинградской области [3]. Там же при интенсивном осушении и лесохозяйственном освоении мелкозалежных болотных торфяников происходит быстрое разложение торфа. При более высоком уровне грунтовых вод торф минерализуется медленнее и сохраняется дольше [4, 5]. Характерно, что на осушенном в 1841 г. болоте с начальной мощностью торфа около 1 м его остаточный слой, равный 0,3–0,5 м, сохраняется на протяжении последних 40–50 лет. Нами отмечено снижение биологической активности почвы как в березовом, так и еловом насаждениях через 40 лет после ее осушения. В настоящее время микробные сообщества богатых и бедных переходных торфяных почв региона стабилизировались на близком уровне, характерном для замедленной стадии минерализации органического вещества.

Плодородие маломощной переходной торфяной почвы под 30-летними культурами ели на данном этапе оценивается как высокое, здесь произошло обогащение почвы азотом и зольными элементами за счет разложения опада растений напочвенного покрова, полностью выпавших из состава фитоценоза и прекращения выноса элементов из почвы на формирование годичного прироста фитомассы этих растений, а также за счет минерализации и уплотнения торфа. Продуктивность елового молодняка соответствует I–II классу бонитета по всей площади 150-метровой межканальной полосы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Германова Н.И., Саковец В.И. Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 188 с.
2. Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука, 1991. 184 с.
3. Тимофеев А.И., Савицкая С.Н., Андриющенко Т.Т. Динамика почвенных процессов на осушенной болотной части стационара «Малиновский» // Лесопользование и гидроресомелиорация. Ч. 2. СПб.–Вологда, 2007. С. 126–132.
4. Бабиков Б.В., Субота М.Б. Минерализация торфяников // Мониторинг осушенных лесов. СПб, 2001. С. 122–123.
5. Субота М.Б. Изменения морфологических показателей торфяных почв под влиянием осушения и дростоя // Лесопользование и гидроресомелиорация. СПб.–Вологда, 2007. Ч. 2. С. 133–134.

### ЭМИССИЯ МЕТАНА В ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РАЗНОЙ УВЛАЖНЕННОСТИ В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЕТР<sup>1</sup>

Вомперский Станислав Эдуардович, Ковалев Аркадий Гурьевич,  
Глухова Тамара Владимировна

*Успенское, Учреждение Российской академии наук Институт лесоведения РАН*

Вторым по значимости после диоксида углерода парниковым газом является метан, а болота рассматриваются одним из главных естественных биогенных поставщиков метана в атмосферу.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-04-00426 а).

Исследования по учету и оценке сезонной динамики выделения  $\text{CH}_4$  с поверхности почвы в лесах разной увлажненности и на болотах различной трофности были организованы и проводились на Западновинском лесоболотном стационаре Института лесоведения РАН в Тверской области. Изучаемыми объектами были шесть пробных площадей в ряду нарастания влажности почвы от периодически недостаточной и оптимальной в лесах на минеральных почвах до избыточной на безлесных олиготрофных и лесных евтрофных болотах. Кроме того исследования проводили на болотах, подвергнутых мелиорации. Измерение потоков  $\text{CH}_4$  осуществляли камерным методом с частотой отбора проб воздуха один раз в 7 дней в течение безморозного периода, равного 184 суткам (май — октябрь) с фиксацией температуры почвы и воздуха, количества выпавших осадков, давления воздуха и уровня почвенно-грунтовых вод. Отобранные образцы воздуха анализировали на газовом хроматографе.

По современным представлениям метан образуется только в абсолютно анаэробной среде при низких редокс-потенциалах, благодаря деятельности бактерий — метаногенов. Существует три главных пути транспорта метана: барботаж (выделение в пузырьках), диффузия через почву и воду, прохождение через сосудистые растения [1; 7]. По мнению ряда исследователей, заболоченные земли на высоких широтах признаны одним из основных источников эмиссии метана в атмосферу.

Так, согласно исследованиям Свенссона с соавторами [8], заболоченные земли Швеции выделяют примерно  $2,2 \text{ Тг } \text{CH}_4 \text{ год}^{-1}$ , что составляет 70% совокупной эмиссии метана с территории этой страны. Исследования Нильссона (по [7]) дали на порядок меньшие цифры эмиссии  $0,2 \text{ Тг } \text{CH}_4 \text{ год}^{-1}$ . Эти расхождения в шведских оценках, как и публикации по другим регионам, указывают на то, что совокупные бюджеты метана и процентный вклад почв нужно рассматривать с известной осторожностью, поскольку данные о производительности индивидуальных источников метана крайне ненадежны, как в частности, считает Конрад [6].

Потоки метана, как правило, проявляют большую вариабельность по отношению к конкретному месту и времени. Наличие микрорельефа, обусловленное неоднородности зоны аэрации болота и его парцеллярной мозаичности, является причиной большой пространственной вариации потока метана, отражающего к тому же колебания гидротермических условий и трофности среды. По нашим наблюдениям наибольшие потоки  $\text{CH}_4$  наблюдаются с поверхности обводненных депрессий, какowymi в грядово-мочажинных безлесных болотах являются мочажины, а в черноольшаниках — западины и протоки. Практически не регистрируется выделение метана с гряд и кочек на олиготрофных болотах и с поверхности валежин и микроповышений в черноольшаниках. Все это обуславливает дискретность выделения метана и большой разброс оценок его потока, нередко отличающихся на 2 порядка и более.

Данные по эмиссии метана для омбротрофных болот Англии, Швеции, США (Миннесота и Аляска) показывают предельные значения от  $0,3$  до  $294 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ , для безлесных болот это  $77$ , а для лесных от  $102$  до  $294 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . Для минеротрофных болот предельные значения эмиссии  $\text{CH}_4$  от  $0$  до  $325 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . Самое высокое значение приведено Свенссоном для бедного минеротрофного болота —  $950 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . Сезонные средние потоки  $\text{CH}_4$  из 19 торфяников северной части провинции Онтарио (Канада) были в пределах  $0,4$ – $67,5 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$  [5].

Исследования, проведенные нами на Западновинском стационаре в течение 5 лет на болотах разного генезиса и водно-минерального питания показали, что потоки  $\text{CH}_4$  с поверхности торфяноболотных почв практически отсутствовали в сосняках чернично-зеленомошных (мелкоотторфованных) и в осушенных грядово-мочажинном безлесном болоте и черноольшанике крапивном. Гидролесомелиорация, понижая уровень почвенно-грунтовых вод и увеличивая зону аэрации, повышает роль почвенных метанотрофов, что сказывается на отсутствии потоков метана с поверхности осушенных болот [3]. В сосняках кустарничково-сфагновых эмиссия  $\text{CH}_4$  с моховой поверхности была в пределах чувствительности прибора. Выраженной сезонной динамики поток метана не имеет, но к осени эмиссия  $\text{CH}_4$ , как правило, не снижается, а остается достаточно высокой, иногда сравниваясь с летней. Выделение метана с поверхности болот резко различных по трофности характеризует таблица. Суммарная эмиссия  $\text{CH}_4$  из болотных черноольховых топей оказалась на порядок более низкой за 184 суток безморозного периода ( $0,44 \text{ г } \text{C } \text{м}^{-2}$ ), чем из олиготрофного грядово-мочажинного болота с редкой внебонитетной сосной ( $4,02 \text{ г } \text{C } \text{м}^{-2}$ ). В сутки с поверхности низинного болота поступает в атмосферу от  $0,5$  до  $9 \text{ мг } \text{C } \text{м}^{-2}$ , а с верхового — от  $4$  до  $52 \text{ мг } \text{C } \text{м}^{-2}$ . Вероятной причиной служит дисбаланс в биогенной продукции и окислении метана в кислой среде [4]. В низинных бо-

лотах интенсивно идущий процесс метаногенного разложения органического вещества с хорошо известными метаногенами уравнивается метанооксиляющей активностью, т.е. в низинных болотах зоны южной тайги и лиственных лесов действует полный достаточно изученный замкнутый цикл Зенгена с набором хорошо известных организмов.

Эмиссия метана с поверхности неосушенных болот (средневзвешенная по элементам нанорельефа), мг С м<sup>-2</sup> час<sup>-1</sup>.

Месяц	Год					Средне-многолетнее
	1993	1995	1996	1997	1998	
<i>Грядово-мочажинное болото с редкой внебонитетной сосной</i>						
Май	1,40	0,29	0,38	0,15	0,40	<b>0,52</b>
Июнь	0,32	1,73	0,53	1,14	1,24	<b>0,99</b>
Июль	1,23	0,87	0,86	2,15	1,85	<b>1,39</b>
Август	0,88	1,03	1,75	1,33	1,52	<b>1,30</b>
Сентябрь	0,62	0,75	1,30	1,32	0,93	<b>0,98</b>
Октябрь	0,65	0,26	0,73	0,18	–	<b>0,46</b>
За 184 сут., г С м <sup>-2</sup>	<b>3,7</b>	<b>3,61</b>	<b>4,09</b>	<b>4,61</b>	–	<b>4,02</b>
<i>Черноольшаник крупнотравно-папоротниковый</i>						
Май	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	<b>0,02</b>
Июнь	0,04	0,05	0,04	0,07	0,25	<b>0,09</b>
Июль	0,20	0,04	0,10	0,14	0,22	<b>0,14</b>
Август	0,14	0,14	0,23	0,13	0,20	<b>0,17</b>
Сентябрь	0,06	0,17	0,17	0,06	0,36	<b>0,16</b>
Октябрь	0,06	0,13	0,31	0,03	–	<b>0,13</b>
За 184 сут., г С м <sup>-2</sup>	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>0,64</b>	<b>0,34</b>	–	<b>0,44</b>

То, что олиготрофные болота продуцируют метан в значительно больших количествах, чем евтрофные, может существенно влиять на использовавшиеся до сих пор оценки в глобальных расчетах вклада болот в биосферный баланс метана и углерода [2].

Дискретность больших (пузырьковых) потоков метана не позволяет в срочных наблюдениях оценить сумму выделившегося СН<sub>4</sub> за сезон (год), что обуславливает самое разное отношение специалистов к величине нормы этого потока, принимаемого в региональных расчетах, а итоговые оценки, в свою очередь, оказываются трудно сравнимыми.

Мы в своих исследованиях также регистрировали эпизодически большие выбросы метана с поверхности обводненной депрессии (мочажины) безлесного олиготрофного болота до 670 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>, а с поверхности западины черноольшаника неосушенного до 71 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>. Этот барботажный поток метана, насколько можно судить, не регулируется бактериями, окисляющими метан.

Суточная динамика эмиссии СН<sub>4</sub> нами не изучалась, но по литературным данным [7] известно, что эмиссия в ночное время значительно превышает дневную, вероятно, из-за зависящего от температуры снижения окисления метана.

Кроме того, что с поверхности осушенных болот потоки метана отсутствуют, мы нередко отмечали поглощение СН<sub>4</sub>, т.е. наблюдался обратный поток — из атмосферы в почву. Лишь дно осушительных каналов может служить местом локальной разгрузки метана, в этих местах мы регистрировали эмиссию, равную 28 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup> на верховом болоте и 10 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup> — на низинном. С экстенсивно осушенных верховых болот иногда фиксируется незначительный поток метана из центральной части межканавного пространства, чего не бывает в интенсивно осушенных болотах. Можно предположить, что гидромелиорация превращает осушенные болота, скорее в поглотители атмосферного метана, чем в его генераторы.

В заключении отметим:

- большая пространственная вариация потоков метана тесно связана с наличием микро-рельефа. Эмиссия СН<sub>4</sub> с поверхности низинных торфяно-болотных почв на порядок ниже, чем с верховых;
- гидроресомелиорация превращает болота после их осушения, скорее в поглотители атмосферного метана, чем в его генераторы;
- к оценке региональных и годовых потоков метана следует подходить с осторожностью, особенно когда регистрируются большие выбросы метана, зачастую перекрывающие суммарный поток его за наблюдаемый период.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырев Н.А.* Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сибирский экологический журнал, 2007. № 2. С. 197-210.
2. *Глухова Т.В., Ковалев А.Г., Смагина М.В., Волперский С.Э.* Оценка некоторых биотических компонентов углеродного цикла болот и лесов // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользованием. Мат-лы конф. М.: ГЕОС, 1999. С. 182-185.
3. *Глухова Т.В., Смагина М.В., Ковалев А.Г.* Эмиссия С-газов с поверхности болотных почв после осушения // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы. Материалы совещания. Москва, 18-20 сентября 2001 г. Тула. Гриф и К. 2001. С. 338-340.
4. *Заварзин Г.А., Васильева Л.В.* Цикл метана на территории России // Круговорот углерода на территории России. Избранные научные труды по проблеме: «Глобальная эволюция биосферы. Антропогенный вклад», М. 1999. С. 202 — 230.
5. *Bubier J.L., Moore T.R.* Methane emissions from wetlands in the midboreal region of northern Ontario, Canada // Ecology Soc. Of America, 1993. No. 74 (8). P. 2240-2254.
6. *Conrad R.* Soil microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, OCS, N<sub>2</sub>O and NO) // Microbiological Reviews, 1996. № 60. P. 609-640.
7. *Mikkela C.* Methane Emissions from a Swedish Mixed Mire in Relation to Microtopographical Features. Licentiate Thesis. Umea, 1997. 17 p.
8. *Svensson B.H., Lantsheer J.C. and Rodhe H.* Sources and sinks methane in Sweden // Ambio, 1991. № 20. P. 155-160.

## ЛЕТНИЙ СТОК С ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шурыгин Сергей Геннадьевич

*Санкт-Петербург, ГОУ ВПО Санкт-Петербургская государственная  
Лесотехническая академия им. С.М. Кирова*

Для проведения исследований, включающих в себя изучение элементов водного баланса, были выбраны осушенные торфяные и минеральные земли, представленные шестью опытными участками. Исследования выполнены в осушенных древостоях естественного происхождения на Малиновском стационаре кафедры почвоведения и гидромелиорации Лесотехнической академии. Участки 1-3 на Туровском болоте с мощностью торфа 0,4-0,6 м. Торфяная залежь представлена верховым и переходным торфом на метаморфизированной ленточной глине [2].

Болото осушено в 1974 году. Глубина каналов в настоящее время равна 0,6-0,8 м. Состояние осушительной сети на участках хорошее. Условия участков 1-3 являются характерными для водосбора 3 площадью 33,0 га. В настоящее время на водосборе произрастают сосновые древостои V-VII класса возраста III-I класса бонитета.

Участки 5 и 6 находятся на минеральных землях. Почвы на участках модер- и грубогумусные средне- и сильноподзолистые среднесуглинистые на метаморфизированных ленточных глинах. Главной особенностью этих почв является разделение почвенного профиля на 2 слоя. Верхний слой сравнительно рыхлый имеет высокую водопроницаемость. Нижележащий слой (горизонты В и С) — тяжелый плотный и практически водонепроницаемый. Осушение на этих участках проведено в 1974 году. Глубина каналов в настоящее время равна 0,6-0,8 м. Условия участков 5 и 6 являются характерными для водосбора 2, площадью 10,2 га. На участках 5 и 6 преобладают елово-лиственные древостои II-I классов бонитета, V-XII классов возраста.

Наблюдения за динамикой уровней грунтовых вод проводилось по общепринятым методикам. Глубина залегания грунтовых вод определялась относительно средней точки поверхности почвы. Сток воды по каналам измерялся при помощи гидрометрических водосливов с тонкой стенкой по стандартной методике.

К летнему периоду условно отнесен период с 1 июня по 30 сентября. Сток воды в летний период года характеризуется большой изменчивостью. Большие модули стока, наблюдаемые после выпадения сильных дождей, сменяется периодами прекращения стока («нулевого стока»), наблюдаемыми в сухие периоды. Сток воды за летний период на осушенных торфяниках и минеральных почвах приводится в табл.1.