

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

УДК 631.433.5:631.445.12

О ЗНАЧЕНИЯХ ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Сирин А.А.¹⁾, Суворов Г.Г.¹⁾, Чистотин М.В.^{1,2)}, Глаголев М.В.^{1,3,4)}

¹⁾Институт лесоведения РАН, Успенское, Московская обл.

²⁾Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, г. Москва

³⁾Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

⁴⁾Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

sirin@ilan.ras.ru

Рассматриваются летние значения потоков метана, измеренные с поверхности осушительных каналов, расположенных на участках, представляющих наиболее характерные виды использования торфяных болот: фрезерная добыча торфа, осушение для сельского хозяйства и для лесного хозяйства. Измерения проводились на Дубненском болотном массиве (Московская область) и Западнодвинском лесоболотном стационаре (Тверская область). Показано, что, несмотря на незначительную долю площади, занимаемой осушительной сетью, каналы могут вносить заметный вклад в эмиссию метана, который необходимо учитывать при оценке роли осушенных торфяников в балансе парниковых газов.

Ключевые слова: метан, осушительные каналы, парниковые газы, торфяные болота, торфяники, добыча торфа, осушение для сельского хозяйства, лесосушение.

Цитирование: Сирин А.А., Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Глаголев М.В. 2012. О значениях эмиссии метана из осушительных каналов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. № 2(6). EDCCrar0005.

ВВЕДЕНИЕ

Способность болот поглощать диоксид углерода атмосферы и связывать его в торфе, причем в геологическом масштабе времени, определяет их особое положение в ряду других экосистем суши. В то же время, болота – источник метана, газа с потенциалом глобального потепления (ПГП) в 25 раз выше, чем у CO₂, если использовать 100-летний срок осреднения согласно Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Межправительственной группы экспертов об изменении климата (МГЭИК). В связи с этим именно метан часто становится ключевым показателем, влияющим на оценку роли болот в «парниковом» эффекте. Использование ПГП при рассмотрении долговременного влияния естественных болот на климат является спорным (см. [Sirin and Laine, 2008; Peatlands..., 2008; и др.]), однако, в случае оценки последствий хозяйственной деятельности человека учет ПГП парниковых газов является обоснованным и обязательным согласно РКИК ООН и МГЭИК. Поэтому корректная оценка влияния хозяйственного использования на эмиссию и поглощение парниковых газов болотами требует учета, по меньшей мере, двух основных углеродсодержащих парниковых газов – CO₂ и CH₄.

Болота занимают более 8% [Торфяные ..., 2001], а с учетом мелкоотторфованных земель (мощность менее 30 см) – более 20% территории страны [Вомперский и др., 1994; 1999; 2005; 2011]. При этом во многих регионах центра и северо-запада европейской территории страны, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока антропогенно изменена значительная, а в ряде областей – большая часть болот и заболоченных земель [Торфяные ..., 2001; Minaeva et al., 2009]. Например, для рассматриваемых в статье Московской и Тверской областей было искусственно дренировано соответственно более 50% и 10% торфяных болот. В целом по стране было осушено более 5 млн. га сельскохозяйственных земель, более 3 млн. га – для лесного хозяйства, торфоразработками было нарушено около 1,5 млн. га болот [Minaeva et al., 2009]. Повсеместно строительство дорог и других объектов инфраструктуры на болотах и заболоченных землях требовало создания дренажных каналов. Часть земель была осушена непродуманно, эффективно не использовалась, а с начала 1990х годов площадь брошенных ранее осушенных и освоенных земель постоянно росла. Оставленные без

рекультивации, частично выработанные поля фрезерной добычи торфа и неиспользуемые осушенные сельскохозяйственные земли стали наиболее частыми объектами торфяных пожаров [Минаева и Сирин, 2002; Сирин и др., 2011]. При отсутствии ремонта дренажной сети происходит ее заиливание и зарастание. На многих каналах возникают запруды, созданные бобрами, численность которых в последние годы растет. Прекращение использования осушенных земель, отсутствие реконструкции мелиоративной сети, «деятельность» бобров и, как следствие, вторичное заболачивание ряда площадей изменяют гидрологический режим осушительных и проводящих каналов. Однако каналы не исчезают, а продолжают оставаться специфическим источником парниковых газов, прежде всего – метана, а с учетом их большой протяженности – потенциально важным источником парниковых газов.

За последние два десятилетия в России было выполнено большое число исследований потоков метана на торфяных болотах [Паников и др., 1992; Новиков и др., 2004; Калужный и др., 2009; Сабреков и др., 2011]. Измерения неравномерно охватывали территорию страны и природное разнообразие болот¹, однако некоторые регионы, например, Западная Сибирь, представлены достаточно большим числом данных [Наумов и др., 1994; Сергеева и Задорожная, 2006; Глаголев и Клепцова, 2009; Глаголев и др., 2010]. Это касается естественных болот. Антропогенно измененные торфяники², за редким исключением, изучались мало. Как отдельные примеры, можно отметить изучение влияния лесоосушения в Тверской области [Вомперский и др., 2000], а также торфоразработок и сельскохозяйственного использования в Московской области [Чистотин и др., 2006]. На юге Томской области эмиссия CH_4 измерялась на торфяниках, осушенных для сельского хозяйства (пашня и залежь), освоенных для добычи торфа (неиспользуемые и рекультивированные ранее под лесные культуры, сенокосы и пастбища), а также на различных естественных болотах и гарях разного возраста [Глаголев и др., 2008].

Полученные данные не только подтвердили очевидный вывод о значительно большей эмиссии диоксида углерода с осушенных торфяников по сравнению с неосушенными болотами. Было выявлено также, что на части осушенных объектов происходит и эмиссия метана. Причем она может наблюдаться не только для каналов, но и на основных поверхностях, в межканавьях [Чистотин и др., 2006; Глаголев и др., 2008]. Возможность выделения метана при определенном увлажнении из открытого торфа на участках его добычи, а также из торфяных почв, используемых в сельском хозяйстве, была подтверждена вегетационными опытами [Суворов и др., 2010]. Вышесказанное подчеркивает необходимость учета метана при оценке баланса парниковых газов на осушенных болотах. Очевидно, что в первую очередь это относится к дренажной сети, вклад которой в эмиссию метана из осушенных торфяников может быть весьма значительным. Об этом свидетельствуют данные зарубежных исследователей, касающиеся различных видов использования осушенных торфяников [Nykanen et al., 1995; Roulet and Moore, 1995; Sundh et al., 2000; Minkkinen and Laine, 2006; Waddington and Day, 2007; Schrier-Uijl et al., 2011; и др.], а также результаты, полученные в нашей стране [Сирин и др., 2011].

Необходимость учета эмиссии метана из каналов и других элементов дренажной сети приобретает особое значение в связи с задачами по обводнению неиспользуемых осушенных торфяников. Обводнение торфяников позволяет не только снизить вероятность торфяных пожаров [Сирин и др., 2011], но и способствовать снижению потерь углерода торфа, происходящих в результате его интенсивного разложения, водной и ветровой эрозии, а в дальнейшем – восстановлению болотной растительности и процесса торфонакопления [Tanneberger and Wichtmann, 2011]. Это должно снизить эмиссию диоксида углерода и, таким образом, способствовать смягчению изменения климата. Однако возникает вопрос: не «превысит» ли возможное увеличение эмиссии метана после обводнения и развития процессов заболачивания этот положительный эффект? Усиление эмиссии метана в этом случае практически неизбежно. Однако изменение баланса парниковых газов при обводнении зависит и от исходной величины их потока с осушенных торфяников, относительно которых сложилось мнение, что эмиссия метана здесь отсутствует.

Целью данной работы было оценить порядок значений эмиссии метана из осушительных каналов, расположенных на территориях, представляющих основные виды хозяйственного

¹ представление об охвате территории РФ этими измерениями можно получить из сводок [Glagolev et al., 2007; Глаголев, 2010; Сабреков и Глаголев, 2012; Сабреков и др., 2012].

² используется по аналогии с англоязычными терминами «mire» и «peatland» [Parish et al., 2008], обозначающими, соответственно, естественное «торфяное болото», где есть условия для накопления торфа, и «торфяник», атрибутом которого является только наличие торфяной залежи, и относящийся как к естественным, так и в большей степени к антропогенно нарушенным объектам.

освоения болот (добыча торфа, осушение для сельского и лесного хозяйства) на примере объектов в центре европейской территории страны. В работе рассматриваются данные, полученные с июня по август, за исключением отдельных измерений в последнюю декаду мая 2010 года, отнесенных условно также к летнему периоду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на торфяниках, осушенных для разных целей, в центре европейской части России – в Московской и Тверской областях.

В Московской области (Талдомский район) измерения проводились на осушенной части Дубненского болотного массива (56.70 с.ш., 37.83 в.д.) на каналах, расположенных на участках фрезерной добычи торфа (в последние годы добыча ведется бульдозером при благоприятных погодных условиях), сельскохозяйственного назначения (частично выработанный торфяник, рекультивированный и залуженный, в последние годы сенокосение производится нерегулярно) и лесоосушения (рис. 1). Наблюдения на этом болотном массиве проводятся с разной частотой, начиная с 2005 года [Чистотин и др., 2006], охватывают все сезоны года и разные объекты: торфоразработки, участки, осушенные для сельского и лесного хозяйства, а также контрольный участок естественного болота. Выбор данного объекта исследования был сделан по причине весьма редкого соседства разных видов хозяйственного использования на исходно относительно однородном участке единого болотного массива, а также наличия сохранившегося участка естественного болота, на который не повлияли проведенные в разное время осушительные мероприятия [Чистотин и др., 2006]. Круглогодичные измерения эмиссии CH_4 из каналов участка торфодобычи и сенокоса проводятся с 2005, а на участке осушительной гидролесомелиорации – с 2009 года.



Рисунок 1. Общий вид участков и каналов на Дубненском болотном массиве в Московской области: слева – торфоразработки, в центре – участок с сельскохозяйственным осушением, справа – участок лесоосушения (выше плотины).

Figure 1. General view of the sites and ditches on Dubnensky peatland massif in Moscow Oblast: left – peat extraction, center – drainage for agriculture, right – forest drainage (above dam).

Измерения на участке торфодобычи и сельскохозяйственного использования проводились на осушительных каналах, расстояние между которыми на обоих участках составляло 40 м. Каналы имеют следующие параметры: расстояние от бровки до бровки – 5 м, на уровне уреза воды – 1,5-2 м. Длина осушительных каналов на участке торфодобычи – около 0,5 км, на участке сельскохозяйственного осушения в два раза больше. В обоих случаях точки измерений располагались в верхнем течении каналов.

На участке торфодобычи каналы имеют неровный характер дна, в летний период часто непроточны, зарастают ряской, глубина воды варьирует от 10 до 100 см. Дно илистое, нечетко выраженное вследствие наличия слоя торфяной взвеси. Дно и берега каналов частично заросли осокой и рогозом, по бортам каналов растут редкие березы высотой до 2-4 м. Прилегающая территория имеет относительно ровную дневную поверхность, лишённую растительности, с плавными понижениями и повышениями рельефа порядка 10-20 см.

На участке сенокоса каналы плотно заросли березой и ольхой серой высотой до 5 м, вследствие чего каналы засорены ветками и листовым опадом. Травянистая растительность развита слабо, к середине лета водная поверхность покрывается ряской. Дно каналов относительно ровное. В летний период глубина воды редко превышает 10 см, а в засушливые периоды может отсутствовать. Прилегающие площади имеют ровную поверхность, покрытую луговой растительностью [Чистотин и др., 2006].

На участке лесосушения измерения проводились на магистральном канале, перегороженном плотиной, сооруженной из веток, грунта и другого подручного материала энтузиастами, которые ставили целью восстановление болота. Это привело к подтоплению приканальной зоны, вымоканию и частичному усыханию древостоя. Ширина канала от бровки до бровки примерно 5 м. В верхнем бьефе ширина водной поверхности составляет 4-5 м, летом она частично зарастает ряской. Ниже плотины глубина канала 2 м, расстояние до воды от бровки в летний период может достигать 1,5 м, ширина водной поверхности до 2 м, течение заметное (порядка 0,01 м/с). Примерное расстояние до соседних каналов 200 м. Прилегающие к каналу площади представлены преимущественно сосновыми насаждениями разного возраста и полноты, высота деревьев 7-8 м и более.



Рисунок 2. Каналы на объектах лесосушения Западнодвинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН (Тверская область): два слева – верховое осушенное болото, два справа – низинное осушенное болото.

Figure 2. Ditches on forest drainage sites of Zapadnaya Dvina forest-peatland experimental station of the Institute of Forest Science RAS (Tver Oblast): left – drained raised bog, right – drained forested fen.

В Тверской области измерения проводились в летне-осенний период 2010 и 2011 гг. (в данной работе приведены только летние потоки) на объектах наблюдений Западнодвинского лесоболотного стационара (56.15 с.ш., 31.98 в.д.), на верховом и низинном болотах, экспериментально осушенных для лесного хозяйства. Описание объектов «Сосвятское» (верховое болото) и «Грустинка» (низинное болото) дано в работах [Вомперский и др., 1988; Sirin et al., 1991; и др.]. На верховом торфянике ширина осушительных каналов от бровки до бровки составляла порядка 2 м, дно каналов шириной 1-1,5 м было затянато покровом сфагновых мхов, часто встречаются кочки с пушицей. Частота осушительной сети – 100 м. На прилегающих площадях представлены сосняки кустарничково-сфагновые с разной высотой древостоя. Осушительные каналы на низинном торфянике имеют ширину от бровки до бровки – 2 м, на уровне уреза воды порядка 1,5 м. Частота осушительной сети примерно 100 м. Прилегающие территории заняты древостоями с преобладанием ели, которая сменила здесь другие породы за 40-летний период после осушительной гидроресомелиорации. На обоих объектах измерения проводились в нижнем течении осушительных каналов.

Измерения потоков CH_4 осуществлялось методом статических камер объемом 15 и 40 л. При измерениях эмиссии с поверхности торфяника камеры устанавливались на металлические основания, врезаемые в грунт и оснащенные гидрозатворами. Для гидрозатвора использовали водопроводную или бутилированную воду, проверенную на отсутствие растворенного метана. При измерении с водной

поверхности к камерам прикреплялись поплавки, удерживающие их на плаву (рис. 2). Камеры были оснащены светоотражающими чехлами, снижающими нагрев от солнечной радиации, вентиляторами для перемешивания воздуха внутри камер и длинными специальными трубками для минимизации воздействий на камеру при отборе проб газа. В течение экспозиции отбор проб осуществлялся 4-6 раз в шприцы объемом 22 мл или вакуумированные стеклянные флаконы объемом 60 мл. Время экспозиции на осушенных площадях составляло порядка 60 мин, на осушительных каналах 30-40 мин.

Параллельно с измерением потоков проводились замеры температуры воздуха и почвы, для каналов определялись: температура воды, рН, Eh, электропроводность, а на ряде объектов – поверхностная скорость течения воды и концентрация растворенного O₂.

Анализ проб газа осуществлялся в лаборатории на хроматографе «Кристалл 2000м» с пламенно-ионизационным детектором. Для оценки скорости dc/dt (млн.⁻¹/ч) изменения концентрации метана в камере использовали метод наименьших квадратов, исходя из допущения о стационарности этого показателя в течение экспозиции. Эмиссию CH₄ (E , мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹) рассчитывали по формуле $E = (dc/dt \cdot V \cdot \rho) / s$, где c – объемная доля, V – объем воздуха в камере (м³), ρ – плотность газа (мгС/м³), s – площадь (м²).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На участке торфодобычи Дубненского болотного массива Московской области усредненный (медиана) летний поток метана из канала за период наблюдений 2005-2011 гг. составил 28,5 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹ при варьировании значений потока от 0,01 до 150 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹ (табл. 1.). Для сравнения, на прилегающей к каналу осушенной площади с открытым торфом этот поток за период 2009-2011 гг. составил: на повышениях рельефа 0,003 (варьирование от -0,01 до 0,01 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹), а в понижениях 0,1 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹ (варьирование от 0,01 до 0,1 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹). Величины рН воды в канале варьировали от 6,3 до 7,3, электропроводность в разное время варьировала от 100 до 200 мкС/см.

За тот же период на соседнем участке, используемом как сенокос, усредненное значение (медиана) летнего потока из канала составило 12,5 (варьирование от 0,01 до 100,0 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹). На прилегающей территории с плотной луговой растительностью [Суворов и др., 2010] поток имел отрицательный знак -0,001 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹ (варьирование от -0,01 до 0,01 мгС-CH₄·м⁻²·час⁻¹). Значения рН воды в канале были от 6,5 до 7,0, величина электропроводности – порядка 300 мкСм.

Поток метана из канала торфодобычи был выше, чем из канала сенокосного участка. Возможно, это связано с более интенсивным латеральным водным транспортом растворенного и газообразного метана в каналы из прилегающей торфяной залежи. При открытом торфе осадки не задерживаются растительностью, меньше потерь на испарение и больше фильтрация вниз по профилю. Возможность выноса метана болотными водами отмечалась нами и ранее на основании данных о его распределении и временных изменениях в вертикальном профиле торфяной залежи [Сирин и др., 1998; Sirin et al., 1998], а также нахождения его в местах разгрузки воды в дренирующие водотоки [Sirin et al., 1998]. Кроме приноса метана в осушительные каналы извне возможно также его интенсивное образование непосредственно в донных отложениях, что подтверждается микробиологическими данными [Кизилова и др., 2011]. Благодаря меньшей затененности древесно-кустарниковой растительностью канал на участке торфоразработок лучше прогревается по сравнению с каналом на сельскохозяйственном осушении. Благодаря развитию водной растительности здесь возможно и больше свежей органики – исходного материала для метаногенеза. Это в совокупности может также способствовать большей эмиссии метана в этих условиях.

Таблица 1. Потоки метана ($\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$) из осушительных каналов на участках разного типа использования (Дубненский болотный массив, Московская область)**Table 1.** Methane fluxes ($\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) from drainage ditches on different land uses (Dubnensky peatland massif, Moscow Oblast)

Дата Date	Добыча торфа Peat extraction	Сельскохозяйственное осушение Drainage for agriculture	Лесоосушение Forest drainage	
			проточный* flowing*	застойный* stagnant*
18.07.2005	23,1±3,7	58,5±2,3		
23.08.2005	29,3±11,8	132,2±30,4		
31.08.2007	165,0±19,0	10,9±7,7		
21.07.2009	29,2±0,7	14,7±1,0		
03.09.2009			4,0±0,1	2,6±0,7
21.05.2010	12,1±0,6	44,1±13,2	39,4±3,6	2,4±0,1
18.06.2010	17,9±1,2	3,3±0,1	14,4±0,5	2,2±0,5
24.06.2010	47,8±2,1	19,7±2,4		
26.07.2010	55,9±9,1	5,9±0,8	13,8 ±0,2	21,2±0,3
21.06.2011	20,1±2,4	13,1±7,6	8,3±0,3	0,89±0,02
	5,4±1,1	14,4±2,4	14,1±1,3	0,95±0,03
	71,1±13,8	90,7±18,6	33,2±3,4	1,5±0,1
21.07.2011	26,2±2,4	12,0±4,9	32,1±4,0	8,0±0,8
	20,2±1,1	1,6±0,3	48,4±7,2	5,3±0,9
	10,6±0,8	14,5±1,8		
	6,6±2,0	6,8±1,2		
	31,9±2,9	30,9±7,3		
	28,5±2,3	24,7±3,1		
02.08.2011		0,02±0,04		
		8,2±2,8		
	80,7±14,2	7,2±0,1		
	53,3±1,7	12,5±1,1		
		0,36±0,02		
		0,13±0,05		
Средний (медиана) поток Averaged (median) flux	28,5	12,5	14,4	2,4

* – участки с проточным (снизу плотины) и застойным (сверху плотины) режимом / sites with flowing (below dam) and stagnant (above dam) flow regime

На участке лесоосушения с подпруженным каналом средний летний поток метана из дренажной воды за период с 2009 по 2011 гг. составил 2,5 и 14,5 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ соответственно в верхнем и нижнем бьефе. На прилегающих территориях поток до плотины был положительным и составлял порядка 2,5 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$, а после плотины он был отрицательным – порядка -0,01 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$. Полученные данные свидетельствуют о том, что перемешивание дренажной воды, проходящей через плотину, способствует ее дегазации, и соответственно, более интенсивной эмиссии из каналов. Значение pH дренажной воды до и после плотины значимо не различались, и в разное время варьировали от 6,3 до 6,9, величина электропроводности составляла от 100 до 300 мкСм.

В Тверской области на верховом торфянике среднеарифметическое значение летнего потока метана из осушительного канала составило 0,31, а с прилегающей территории 0,1 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$. Гидрохимические показатели дренажной воды были следующими: pH – 3,5-4,0, ЕС ~ 120 мкС/см. На низинном торфянике поток из каналов был 3,88 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$, в то время как на прилегающей территории наблюдалось поглощение метана порядка 0,01 $\text{mgC-CH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$. Величина pH воды в канале здесь составила 7,0, ЕС ~ 300 мкС/см. Сравнение величин потока метана из каналов на верховом и низинном торфяниках может отражать общую тенденцию увеличению эмиссии при переходе от бедных к более богатым условиям среды, что отмечается и для болот в целом [Sirin and Laine, 2008].

Дренажная сеть занимает, на первый взгляд, незначительную площадь. Однако если принять ширину водного зеркала в 1,5 метра, то их доля составит более 3,5% общей площади изучаемых объектов торфоразработки и сельскохозяйственного осушения. Принимая это значение, можно рассчитать эмиссию метана с осушенных площадей. Она составит более 1 и около 0,5 мг C-CH₄·м⁻²·час⁻¹ для участка торфоразработки и участка сельскохозяйственного осушения, соответственно. Величина существенная, которую нельзя не принимать во внимание. И это без учета магистральных и других каналов, которые при своей большей ширине могут дополнительно увеличить долю площади, занимаемую осушительной сетью, и, следовательно, ее вклад в эмиссию метана. Кроме того, здесь не учитывается увеличение ширины водного зеркала каналов в паводковый период, а также роль стенок каналов. Постоянно увлажненные, особенно в нижней части, стенки каналов могут быть весьма существенными источниками эмиссии метана.

Для объектов лесоосушения вклад каналов в эмиссию метана оказался существенно меньшим. Сказывается принятое для этого вида осушения большее расстояние между осушителями. С учетом заметно меньших потоков метана из каналов, его эмиссия, отнесенная к общей площади изучаемых объектов лесоосушения, составляет примерно 0,1-0,05 мгC-CH₄·м⁻²·час⁻¹ и меньше. Однако и здесь эти значения нельзя не принимать во внимание. В любом случае, полученные данные достаточно убедительно свидетельствуют о том, что торфяники, осушенные для всех основных видов использования, являются источником эмиссии метана в атмосферу, а в ряде случаев и достаточно существенными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные результаты проведенных исследований показали, что значительные потоки метана могут наблюдаться из осушительных каналов разного назначения. Измерения, проведенные на разных объектах, свидетельствуют о возрастании эмиссии метана с увеличением богатства среды и скорости потока воды. Последнее, вероятно, способствует перемешиванию и дегазации воды, о чем свидетельствуют данные измерений в верхнем и нижнем бьефе плотин. Метан, выделяющийся из каналов, может, вероятно, как поступать в растворенном и газообразном виде с латеральным стоком из соседних торфяных залежей, так и быть результатом микробиологических процессов, идущих в донных отложениях. Лучший прогрев воды в каналах, а также большее количество органики будут, скорее всего, способствовать метаногенезу. Эти процессы требуют дополнительных исследований.

Несмотря на небольшую долю площади, занимаемой каналами (первые проценты), их вклад в эмиссию метана с осушенных торфяников может быть весьма ощутимым. Это необходимо учитывать при расчетах коэффициентов эмиссии парниковых газов для площадей торфяников, осушенных под разные цели. Эмиссия метана с их поверхности обычно не учитывается. Осушенные торфяники, как правило, рассматриваются как «нулевые» или в лучшем случае малозначимые источники поступления метана в атмосферу. Тем самым завышается возможная опасность роста выделения метана при обводнении неиспользуемых торфяников с целью восстановления болот. Учет эмиссии метана из осушительной сети позволит сделать эти расчеты более корректными.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-05-01113, Программы Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» и Проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», финансируемого в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германия и управляемого через Немецкий банк развития KfW (проект № 11 III 040 RUS К Восстановление торфяных болот).

Авторы признательны двум анонимным рецензентам за замечания и комментарии к рукописи статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Вомперский С.Э., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Смагина М.В. 2000. Эмиссия диоксида углерода и метана с поверхности почв лесных и болотных экосистем разной увлажненности в подзоне южной тайги Европейской территории России // Эмиссия и сток парниковых газов на территории Северной Евразии. Тез. докл. национальной конференции с межд. участием. Пущино. С. 83.
- Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. 1994. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. № 12. С. 17–25.
- Вомперский С.Э., Сирин А.А., Глухов А.И. 1988. Формирование и режим стока при гидролесомелиорации. М.: Наука. 168 с.
- Вомперский С.Э., Сирин А.А., Сальников А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. 2011. Облесенность болот и заболоченных земель России // Лесоведение. № 5. С. 3–11.
- Вомперский С.Э., Сирин А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Майков Д.А. 2005. Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // Изв. РАН. Сер. геогр. № 5. С. 21–33.
- Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Валяева Н.А. 1999. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Избр. научн. труды по проблеме “Глобальная эволюция биосферы. Антропогенный вклад”. М.: Научный совет НТП “Глобальные изменения природной среды и климата”. С. 124–144.
- Глаголев М.В. 2010. Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH_4 и CO_2 из болот России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 2. С. 5–57. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=16908489> и http://www.ugrasu.ru/uploads/files/EDCC_1_2_Glagolev.pdf (дата обращения 03.10.2012).
- Глаголев М.В., Клепцова И.Е. 2009. Эмиссия метана в лесотундре: к созданию «стандартной модели» (Aa2) для Западной Сибири // Вестник ТГПУ. Вып. 3(81). С. 77–81. URL: http://vestnik.tspu.ru/files/PDF/articles/Glagolev_M_V.,_Kleptcova_I_E._77_81_3_81_2009.pdf (дата обращения: 03.10.2012)
- Глаголев М.В., Сирин А.А., Лапшина Е.Д., Филиппов И.В. 2010. Изучение потоков углеродсодержащих парниковых газов в болотных экосистемах Западной Сибири // Вестник ТГПУ. Вып. 3 (93). С. 120–127.
- Глаголев М.В., Чистотин М.В., Шнырев Н.А., Сирин А.А. 2008. Летне-осенняя эмиссия диоксида углерода и метана осушенными торфяниками, измененными при хозяйственном использовании, и естественными болотами (на примере участка Томской области) // Агрохимия. №5. С. 56–68.
- Калюжный И.Л., Лавров С.А., Решетников А.И., Парамонова Н.Н., Привалов В.И. 2009. Эмиссия метана на олиготрофном болотном массиве северо-запада России // Метеорология и гидрология. № 1. С. 53–67.
- Кизилова А.К., Сирин А.А., Кравченко И.К. 2011. Микроорганизмы цикла метана в естественных торфяных почвах и гидрологических элементах осушенных торфяников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 13, №1(5). С. 1204–1207.
- Минаева Т.Ю., Сирин А.А. 2002. Торфяные пожары – причины и пути предотвращения // Наука и промышленность России. № 9. С. 3–8.
- Минаева Т.Ю., Сирин А.А. 2011. Биологическое разнообразие болот и изменение климата // Успехи современной биологии. Т.131. №4. С. 393–406.
- Наумов А.В., Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. 1994. К вопросу об эмиссии углекислого газа и метана из болотных почв южного Васюганья // Сибирский экологический журнал. № 3. С. 269–274.
- Новиков В.В., Степанов А.Л., Поздняков А.И., Лебедева Е.В. 2004. Сезонная динамика эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O и NO из торфяных почв поймы р. Яхромы // Почвоведение. №7. С. 867–874.
- Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. 2003. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. М.: Российская программа Международного бюро по сохранению водно-болотных угодий. 24 с. URL: www.peatlands.ru (дата обращения: 03.10.2012)
- Паников Н.С., Семенов А.М., Тарасов А.Л., Беляев А.С., Кравченко И.К., Смагина М.В., Палеева М.В., Зеленев В.В., Скупченко И.В. 1992. Образование и потребление метана в почвах европейской части СССР // Ж. Эколог. химии. №1. С. 9–26.
- Сабреков А.Ф., Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Башкин В.Н., Барсуков П.А., Максютов Ш.Ш. 2011. Вклад мерзлотных бугров в эмиссию метана из болот тундры Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 2. № 2(4). EDCCrар0002. URL: www.ugrasu.ru/uploads/files/EDCC_2_2_Sabrekov.pdf (дата обращения: 03.10.2012)
- Сабреков А.Ф., Глаголев М.В. 2012. Измерения эмиссии метана из почв России: Стационарные исследования // Болота и биосфера: материалы VIII Всероссийской с международным участием научной школы (10-15 сентября 2012 г., Томск). Томск: Изд-во ТГПУ. С. 245–250. URL: http://ltorf.tspu.ru/files/Materiali_8_schkool.pdf (дата обращения 03.10.2012).
- Сабреков А.Ф., Глаголев М.В., Клепцова И.Е. 2012. Измерения эмиссии метана из почв России: Исследования пространственного разнообразия величины эмиссии метана // Болота и биосфера: материалы VIII Всероссийской с международным участием научной школы (10-15 сентября 2012 г., Томск). Томск: Изд-во ТГПУ. С. 251–257. URL: http://ltorf.tspu.ru/files/Materiali_8_schkool.pdf (дата обращения 23.08.2012).
- Сергеева М.А., Задорожная С.В. 2006. Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Сборник материалов Пятой Научной Школы (11-14 сентября 2006 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ. С. 238–244.
- Сирин А., Минаева Т., Возбранная А., Барталев С. 2011. Как избежать торфяных пожаров? // Наука в России. № 2. С. 13–21.
- Сирин А.А., Суворов Г.Г., Глаголев М.В., Чистотин М.В., Минаева Т.Ю. 2011. Антропогенные изменения торфяных болот в России: возможные последствия для эмиссии и поглощения парниковых газов // Мат-лы Третьего Международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 27.06–5.07.2011) / Под ред. акад. С.Э. Вомперского. Новосибирск. С. 200–201.
- Сирин А.А., Суворов Г.Г., Глаголев М.В., Чистотин М.В. 2011. Эмиссия метана из каналов антропогенно нарушенных торфяных болот // Мат-лы Третьего Международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 27.06–5.07.2011) / Под ред. акад. С.Э. Вомперского. Новосибирск. С.135–136.

- Сирин А.А., Нильсон М., Шумов Д.Б., Гранберг Г., Ковалев А.Г. 1998. Сезонные изменения растворенного метана в вертикальном профиле болот Западнодвинской низины // Доклады Академии наук. Т. 361. № 2. С. 280–283.
- Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Сирин А.А.. 2010. Влияние растительности и режима увлажнения на эмиссию метана из осушенной торфяной почвы // Агрохимия. № 12. С. 37–45.
- Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации. 2001 / Под ред. Сирина А.А., Минаевой Т.Ю. М.: Геос. 190 с.
- Чистотин М.В., Сирин А.А., Дулов Л.Е. 2006. Сезонная динамика эмиссии углекислого газа и метана при осушении болота в Московской области для добычи торфа и сельскохозяйственного использования // Агрохимия. № 6. С. 54–62.
- Glagolev M.V., Maksyutov S.S., Peregon A.M., Shnyrev N.A. 2007. The data base of CH₄ emission from soils of Russia // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: Прошлое и настоящее: Материалы Второго Международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.) / Под ред. акад. С.Э. Вомперского. Томск: Изд-во НТЛ. С. 128–129.
- Minayeva T., Sirin A., Bragg O. (eds.) 2009. A Quick Scan of Peatlands in Central and Eastern Europe. Wageningen, The Netherlands: Wetlands International. 132 p.
URL. <http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=Az8K7KVj%2bhk%3d&tabid=56> (дата обращения: 03.10.2012)
- Minkinen K., Laine J. 2006. Vegetation heterogeneity and ditches create spatial variability in methane fluxes from peatlands drained for forestry // Plant and Soil. V. 285. P. 289–304.
- Nykanen H., Alm J., Lang K., Silvola J., Martikainen P.J. 1995. Emissions of CH₄, N₂O and CO₂ from a virgin fen and a fen drained for Grassland in Finland // J. Biogeogr. V. 22. P. 351–357.
- Parish F., Sirin A., Charman D., Joosten H., Minayeva T., Silvius M., Stringer L. (Eds.) 2008. Assesment on peatlands, biodiversity and climate change. Main report. Wageningen: Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International. 179 p. URL. <http://www.gec.org.my/index.cfm?&menuid=48&parentid=63> (дата обращения: 03.10.2012)
- Peatlands and Climate Change. 2008. / Strack M. (ed). Finland: International Peat Society, Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi. 223 p.
- Roulet N.T., Moore T.R. 1995. The effect of forestry drainage practices on the emission of methane from northern peatlands // Canadian Journal of Forest Research. V. 25. P. 491–499.
- Schrier-Uijl A.P., Veraart A.J., Leffelaar P.J., Berendse F., Veenendaal E.M. 2011. Release of CO₂ and CH₄ from lakes and drainage ditches in temperate wetlands // Biogeochemistry. V. 102. P. 265–279.
- Sirin A., Köhler S., Bishop K. 1998. Resolving flow pathways in a headwater forested wetland with multiple tracers // IASH Publications. P. 337–342.
- Sirin A., Laine J. 2008. Peatlands and Greenhouse Gases // Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main Report / F. Parish, A. Sirin, D. Charman, et al. (eds.). Wageningen: Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International P. 118–138. URL. <http://www.peat-portal.net/index.cfm?&menuid=123&parentid=113> (дата обращения: 03.10.2012)
- Sirin A.A., Vompersky S.E., Nazarov N.A. 1991. Influence of forest drainage on river runoff regime: main concepts and examples from Central part of the USSR European territory // Ambio. V. 20. № 7. P. 334–339.
- Sundh I., Nilsson M., Mikkela C., Granberg G., Svensson B.H. 2000. Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden // Ambio. V. 29. P. 499–503.
- Tanneberger F., Wichtmann W. (Eds.). 2011. Carbon credits from peatland rewetting – climate-biodiversity-land use. Stuttgart : Schweizerbart Science Publishers. 223 p.
- Waddington J.M., Day S.M. 2007. Methane emissions from a peatland following restoration // J. Geophys. Res. V. 112. DOI:10.1029/2007JG000400.

VALUES OF METHANE EMISSION FROM DRAINAGE DITCHES

Sirin A.A., Suvorov G.G., Chistotin M.V., Glagolev M.V.

Methane fluxes were measured from ditches on peatlands drained for different purposes in two testing areas in European part of Russia. We used static chamber method and gas chromatography for CH₄ analysis. In Moscow Oblast CH₄ emissions were measured from ditches on milled peat extraction area and on agricultural drainage area (used for haying) during 2005-2011. Ditch spacing for both sites is 40 m, width on water level – 1.5-2 m. Averaged (median) methane flux for summer period was 28.5 and 12.5 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹, respectively, at these sites. Averaged (median) methane flux for summer period was 28.5 and 12.5 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹ for these sites consequently. In 2009-2011 methane fluxes were also measured from the ditch on forest drainage area, upstream and downstream the dam built for mire restoration. Simple average CH₄ emission rate was much higher at tail-bay point with flowing water as compared with back point upstream the dam with stagnant water – 14.4 and 2.4 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹, consequently. We assume water flow rate supports water degassing and increase of CH₄ emission from ditches. In Tver Oblast methane flux was measured in 2010 from ditches on forested bog and on forested fen, both drained for forestry with ditch spacing approx. 100 m, and ditch width on water level – 1-1.5 m. Flux observed at first nutrient-poor site was much lower – 0.31 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹, as compared with nutrient-rich one – 3.88 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹. Using methane emission rates from ditches and fractional area of ditches we calculate emission factors from drained peatlands. The results showed rather high values which need to be considered while assessing GHG emissions from drained peatlands.

Key words: methane, ditches, greenhouse gases, peatbogs, peatlands, peat extraction, drainage for agriculture, forest drainage.

Поступила в редакцию: 07.10.2012
Переработанный вариант: 19.11.2012