

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

УДК 631.41

ЭМИССИЯ МЕТАНА ИЗ БОЛОТ ТУНДРЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 2010 г.

Сабреков А.Ф.¹, Глаголев М.В.^{1,2,3}, Клепцова И.Е.², Максюттов Ш.Ш.⁴

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

³Томский государственный педагогический университет

⁴Национальный институт изучения окружающей среды, г. Цукуба (Япония)

misternickel@mail.ru, m_glagolev@mail.ru, kleptsova@gmail.com, shamil@nies.go.jp

В августе 2010 г. были проведены измерения удельного потока CH_4 статическим камерным методом в южной и типичной тундре Западной Сибири. Влияние экологических характеристик болота на эмиссию метана было оценено при помощи кластерного анализа и пошаговой нелинейной регрессии. Показано, что наиболее значимыми факторами эмиссии метана являются трофность болота (определявшаяся не по удельной электропроводности, а по видам доминирующей растительности), мощность талого слоя торфа и температура торфа. Зависимость удельного потока от уровня болотных вод для всей совокупности измерений ($R^2 = 0.21$) была значительно ниже, чем внутри выделенных кластеров ($R^2 = 0.59-0.81$). Удельная электропроводность при этом оказалась почти одинаковой для всех изученных объектов.

Поток с территории болот западносибирской тундры, вычисленный по стандартной модели Vc8 , составил около 0.11 Мт C-CH_4 в год, что соответствует примерно 4% региональной эмиссии метана со всей территории Западной Сибири.

Ключевые слова: эмиссия метана, тундра, Западная Сибирь, региональный поток.

Цитирование: Сабреков А.Ф., Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Максюттов Ш.Ш. Эмиссия метана из болот тундры: результаты наблюдений 2010 г. // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 2. № 1(3). EDCCrar0001.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к изучению цикла метана и получению точных количественных оценок интенсивности процессов эмиссии и поглощения этого газа на границе почва-атмосфера обусловлен высокой значимостью изменения содержания этого газа в атмосфере для предсказания тренда глобальных климатических изменений. Кроме того, актуальность изучения источников и стоков метана обусловлена необходимостью управления запасами органического углерода на планете и стремлением к более глубокому пониманию фотохимических процессов, происходящих в атмосфере Земли [Mikaloff Fletcher et al., 2004]. Так, метан является вторым по важности парниковым газом после углекислого газа, отвечая примерно за 20% прямой компоненты радиационного воздействия всех долгоживущих парниковых газов [IPCC, 2001]. Метан также является вторым по важности стоком для гидроксильного радикала – ключевого окислителя земной атмосферы. Кроме того, метан играет значимую роль в накоплении тропосферного озона [Fiore et al., 2002], а при окислении CH_4 образуется примерно половина от всей массы водяного пара в стратосфере [Jones and Pyle, 1984].

Одним из мощнейших естественных источников метана являются болота [IPCC, 2001]. Они покрывают 27% территории Западной Сибири [Peregon et al., 2008], в том числе 29% – в зоне тундры [Романова, 1985]. Однако о значимости этих болот с точки зрения вклада в региональную эмиссию метана известно совсем немного ввиду явного недостатка экспериментальных данных. Так, Глаголев с соавт. [2010] отмечали, что им удалось найти только одну статью, содержащую экспериментальные данные об эмиссии метана в тундре Западной Сибири.

Целью наших работ последних лет являлась оценка регионального потока CH_4 с поверхности болот Западной Сибири. Задачи данного исследования состояли в том, чтобы определить поток метана из зоны тундры, выявить роль этой зоны в потоке CH_4 с территории всей Западной Сибири, а также понять, как различные экологические факторы воздействуют на эмиссию метана в условиях тундры.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты

Измерения проводились в течение августа 2010 года в типичной (100 измерений) и южной тундре (197 измерений) на широком спектре болотных микроландшафтов. Ключевые участки, на которых проводились измерения, были выбраны при помощи имеющихся картографических материалов [Романова и др., 1977], а также литературных данных [Лисс и др., 2001]. Кроме того, были использованы материалы космической съёмки высокого пространственного разрешения Landsat 5 TM за 2006-2008 гг. [USGS...].

Ключевой участок «Ясавей» (подзона южной тундры; координаты: 67.35° с.ш., 78.91° в.д.) располагался в 15 км к югу от посёлка Тазовский Ямало-Ненецкого Автономного Округа. Этот участок приурочен к левобережной террасе реки Таз, для которой характерны ценозы различного типа. Так на повышенных элементах рельефа и полигонах расположены кустарничково-сфагновые комплексы олиготрофно-мезотрофного типа (среди кустарничков распространены *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum* и др., доминантами в моховом ярусе являются *Sphagnum fuscum*, *S. lenense*, *S. fallax*). К мочажинам и термокарстовым трещинам-канавкам приурочены осоково-сфагновые ценозы мезотрофно-эвтрофного типа с выраженным микрорельефом (в травяном ярусе распространены *Comarum palustre* и *Eriophorum sheichzerii*, в моховом ярусе – *S. squarrosum* и *S. fallax*). Верхняя кровля многолетней мерзлоты располагалась на глубине 30-50 см (на 3-16.08.2010), мощность торфяного слоя не превышает 50 см.

Ключевой участок «Гыда» (подзона типичной тундры; координаты: 70.90° с.ш., 78.53° в.д.) располагался в 5 км на восток от посёлка Гыда Ямало-Ненецкого Автономного Округа. Участок приурочен к водораздельному пространству с очень слабо выраженным рельефом. В растительном покрове встречались как комплексные осоково-сфагновые сообщества мезотрофно-олиготрофного типа (в травяно-кустарничковом ярусе присутствовали *B. nana*, *Carex acuta*, *Rubus chamaemorus*; в моховом ярусе господствовал *S. fuscum*), так и однородные осоковые сообщества эвтрофно-мезотрофного типа (доминировала *C. rostrata*). Мощность торфяных отложений составляла 25-30 см, верхняя кровля многолетней мерзлоты располагалась на глубине около 30 см (на 27-29.08.2010).

Методы

Отбор и хранение проб. Для измерения удельного потока метана использовался статический камерный метод [Hutchinson, Mosier, 1981; Глаголев и др., 2007]. Основание из нержавеющей стали (37×37 или 40×40 см² и высотой 15 см) врезалось в почву не ранее, чем за 15 минут до проведения измерений. Далее на основание устанавливалась камера из оргстекла (параллелепипед размером 30×30×40 см³, одна из граней которого отсутствовала), при этом контакт камеры и основания герметизировался гидрозатвором. Затем в отверстие в верхней грани камеры вставлялась резиновая пробка, через которую проходила металлическая трубка с надетым на неё резиновым шлангом. К этому шлангу присоединялся шприц для отбора проб газа. Отбор осуществлялся в равноотстоящие моменты времени $t_0 = 0$, t_1 , t_2 и t_3 . Время экспозиции ($= t_3 - t_0$) выбиралось в соответствии с типом микрорельефа и варьировало от 30 минут на точках с предположительно высокими потоками (например, на обводненных мочажинах) до 60 минут на точках с вероятно низкими потоками (например, на грядах). До момента анализа на хроматографе шприцы с пробами хранились под слоем воды (для предотвращения утечек метана – метан очень плохо растворим в воде), предварительно прокипячённой (она не содержит таких концентраций метана, которые могли бы сильно повлиять на результат измерения за счёт того, что газ продиффундирует в шприцы).

Хроматографический анализ и расчет удельного потока. Концентрация газа в пробах измерялась на хроматографе «Кристалл-5000» («Хроматэк», Йошкар-Ола, Россия), оснащённом пламенно-ионизационным детектором, со стальными колонками (3 м), наполненными сорбентом HayeSep Q (80-100 mesh) при 70 °С с азотом в качестве газа-носителя (скорость потока – около 30 мл·мин⁻¹). Для калибровки использовались стандартизованные (производство: National Institute for Environmental Studies, Япония) смеси газов метан/воздух с концентрацией CH₄ 1.99, 5 и 9.84 ppmv, точность этих стандартов составляла ±0.01 ppmv.

Сопутствующие измерения. В болотных ландшафтах также определялись следующие параметры окружающей среды:

- рН и удельная электропроводность (далее УЭ) – с помощью портативного рН-метра-кондуктометра «HI 98129» («Hanna Instruments», США), а также портативных рН-метра «SG-2» и кондуктометра «SG-3» («Mettler Toledo», Швейцария);

- концентрация растворенного кислорода – термооксиметром «Экотест-2000» («ЭКОНИКС», Россия), а также портативным оксиметром «SG-6» («Mettler Toledo», Швейцария);
- температурный профиль электронными датчиками «ТЕРМОХРОН» iButton DS 1921-1922 (DALLAS Semiconductor, США).

Кроме того, измерялся уровень болотных вод и мощность слоя торфа (в точках, в которых оттаял не весь слой торфа, под понятием «мощность слоя торфа» подразумевается глубина его протаивания), а также проводились краткое и подробное (на некоторых точках) описания растительности.

Статистическая обработка данных. Удельный поток метана в каждой камере рассчитывался методом линейной регрессии с весами [Эберт, Эдерер, 1988]. Те значения удельного потока, при вычислении которых коэффициент детерминации был меньше 0.85, отбрасывались (следуя [Pelletier et al., 2007; Treat et al., 2007]). Региональный поток метана с поверхности болот зоны тундры вычислялся по формуле, приведенной в работе Глаголева и др. [2009] (общая методология инвентаризации описана в работе Глаголева [2008]). Для исследования влияния экологических характеристик болота на эмиссию метана были использованы следующие статистические методы: сравнение средних с помощью t-критерия, проверка нормальности распределения с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, вычисление коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена, метод пошаговой регрессии, иерархический кластерный анализ (в качестве алгоритма объединения использовался взвешенный центроидный метод, в качестве меры расстояния – расстояние Чебышева) и кластеризация методом K-средних (число кластеров варьировало от 4 до 7). Для проведения статистической обработки данных использовалась программа STATISTICA 8 («StatSoft», США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерения эмиссии метана, а также соответствующие гидротермические и геохимические условия приведены в приложении А и табл. 1 (положительные потоки обозначают выделение метана в атмосферу, отрицательные – его поглощение). Некоторые статистические характеристики распределений удельного потока CH₄ приведены в табл. 2.

Таблица 1. Удельный поток (мгС-СН₄·м⁻²·час⁻¹), физико-химические и экологические характеристики точек измерений

Table 1. Physical-chemical and ecological characteristics of sites and the specific methane fluxes (mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹)

Название точек	рН, среднее в слое	Удельная электропроводность, среднее в слое, мкСм·см ⁻¹	Мощность слоя торфа, см	УБВ, см	Трофность болота	Медиана удельного потока для всех измерений в точке
Yas.Mez.1	4.90	21	30	-14	Мезотрофно-эвтрофное	0.83
Yas.Mez.2	4.88	18	20	0	Эвтрофное	1.23
Yas.Mez.3	5.19	25	20	0	Эвтрофно-мезотрофное	1.81
Yas.Mez.4	5.27	29	30	1	Мезотрофно-олиготрофное	2.96
Yas.Mez.5	4.87	19	35	2	Мезотрофное	2.01
Yas.Evt.1	4.90	21	35	-21	Эвтрофно-мезотрофное	2.18
Yas.Ol.1	-	-	25	-	Мезотрофно-олиготрофное	0.09
Yas.Ol.2	-	-	25	-	Мезотрофно-олиготрофное	0.37
Yas.Ol.2_1 и 2	-	-	25	-	Мезотрофно-олиготрофное	0.01
Yas.Ol.Mch.1	4.70	27	30	0	Мезотрофно-олиготрофное	1.95
Yas.Ol.3	-	-	30	-	Олиготрофное	0.23
Yas.Ol.4	5.05	24	50	-3	Олиготрофно-мезотрофное	0.99
Yas.splav.1	5.40	35	150	-10	Эвтрофно-мезотрофное	1.92
Yas.oz.splav	5.40	30	50	-13	Эвтрофное	3.73
Yas.Iva.1	5.46	17	17.5	11	Мезотрофно-эвтрофное	0.03
Gida.Mez.1	5.71	30	35	13	Мезотрофное	0.52
Gida.Mez.2	5.71	10	35	9	Мезотрофно-олиготрофное	1.18
Gida.Iva.1	6.10	46	20	1	Мезотрофно-олиготрофное	2.29
Gida.Ol.1	6.00	37	30	-1	Мезотрофное	1.25

Примечание: Прочерки в таблице означают, что болота в этих точках находились в высохшем состоянии, и, следовательно, уровень болотных вод (УБВ), рН и удельную электропроводность болотной воды нельзя было определить.

Поток с поверхности болот всей территории западносибирской тундры, вычисленный по стандартной модели Vc8 с использованием как данных настоящей статьи, так и опубликованных другими авторами [Глаголев и др., 2010], составляет около 0.11 Мт С-СН₄ в год. Это соответствует примерно 4% региональной эмиссии метана со всей территории Западной Сибири (напомним, что предыдущая версия

– Вc7 – давала для тундры Западной Сибири величину 0.12 Мт С-СН₄/год или, в относительном исчислении, 5% региональной эмиссии). При этом 99% регионального потока с территории зоны тундры приходится на долю эвтрофных болот, что обусловлено их доминирующей ролью в растительном покрове по сравнению с другими типами микроландшафтов (табл. 3).

Таблица 2. Характеристики распределения удельного потока (мгС-СН₄·м⁻²·час⁻¹) в различных микроландшафтах болот зоны тундры

Table 2. Statistical characteristics of methane emission probability distributions (mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹) in different tundra microlandscapes

<i>Тип микроландшафта</i>	<i>Медиана</i>	<i>1-ая квартиль</i>	<i>3-ая квартиль</i>
Олиготрофные мочажины	0.03	-0.01	0.28
Мезотрофные топи	1.42	0.41	3.38
Эвтрофные болота	0.96	0.76	1.53
Мёрзлые бугры (Пальса)	0.01	-0.04	0.07
Приозёрные сплавины	2.42	0.99	3.24
Внутриболотные озёра	0.27	0.15	0.57

Незначительная роль тундры в региональном потоке метана с территории Западной Сибири может быть объяснена следующими причинами:

- относительно небольшой площадью (< 12% от территории Западной Сибири [Лисс с соавт., 2001]);
- неблагоприятными для метаногенеза температурными условиями (среднесуточная температура воздуха в период биологической активности составляет в среднем примерно 10 °С [Точенов, 1985] при этом продолжительность данного периода, то есть длительность периода, когда среднесуточная температура воздуха выше 5 °С, составляет около 40 дней, причем единичные заморозки наблюдаются в течение всего лета [Точенов, 1985]);
- незначительной мощностью торфяных горизонтов. Интенсивный метаногенез протекает, начиная с глубины около 10-20 см под уровнем болотных вод (далее – УБВ) [Glagolev, 1998], в то время как в тундре вообще [Лисс и др., 2001] и на исследованных ключевых участках в частности, средняя мощность *всей торфяной толщи* равнялась 30 см, то есть ниже 30 см отсутствует субстрат метаногенеза;
- в отдельных точках, в которых мощность торфяной толщи достаточно велика, метаногенез не может задействовать ее всю из-за наличия многолетней мерзлоты (в этих точках мерзлота находилась на глубине 20-30 см).

Таблица 3. Относительные площади типов болот и слагающих их элементов микрорельефа в соответствии с картой Peregon et al. [2008]

Table 3. Relative areas of different mire and microlandscape types according to Peregon et al. [2008]

Тип болотного ландшафта по Романовой ¹	Тип микрорельефа, %				Доля данного типа болот, %
	Пальса	Олиготрофные мочажины	Эвтрофные болота	Внутриболотные озёра	
Тип 1	25.0	5.0	70.0	0.0	50.5
Тип 2	15.0	0.0	85.0	0.0	27.6
Тип 3	45.2	37.1	0.0	17.7	14.1
Тип 4	46.4	39.7	0.0	13.3	0.2
Тип 5	100.0	0.0	0.0	0.0	2.6
Доля микрорельефа, %	25.9	7.8	58.8	2.5	95 ²

Примечания:

¹ Тип 1 – полигонально-валиковые и полигонально-трещиноватые (злаково-осоково-моховые и кустарничково-мохово-лишайниковые); Тип 2 – полигональные в сочетании с травяными и травяномоховыми; Тип 3 – плоскобугристо-мочажинные и плоскобугристо-мочажинноозерковые (бугры кустарничково-ерниково-зеленомошно-лишайниковые, мочажины осоково-сфагновые и пушицево-сфагновые); Тип 4 – плоскобугристые в сочетании с крупнобугристыми; Тип 5 – кустарничковые мелкопочковатые.

² Из оставшихся 5% площади, занятой болотами, около 3% приходится на небольшие островки леса, эмиссия из которых предполагается нулевой, остальное – на болота неустановленного типа.

Для анализа влияния экологических характеристик болота на эмиссию метана был использован кластерный анализ. Такой выбор обусловлен несколькими причинами. Во-первых, вероятно нелинейным влиянием различных факторов на эмиссию, как это показано для других болот [Dise et al., 1993]. Во-вторых, возможной взаимозависимостью факторов. Так, трофность, величина удельной

электропроводности (УЭ) и pH болота зависят от одних те же факторов: положения в рельефе, характера водного питания болота, характера подстилающей породы и т.д. [Лисс с соавт., 2001]. Ещё одна причина использования именно кластерного анализа – качественный характер такого важного по описанной выше причине фактора, как трофность болота.

Кластерный анализ не является строгим с математической точки зрения, а его результат нередко зависит от выбора условий проведения. Поэтому мы использовали несколько разновидностей кластерного анализа для получения сравнительно репрезентативной классификации точек, на которых велись измерения.

Непосредственной целью кластерного анализа было выделение таких групп болотных ландшафтов, которые характеризовались бы значительными отличиями экологических характеристик болот, влияющих на эмиссию метана, друг от друга, при том что внутри выделенных групп все или некоторые экологические характеристики были бы сходными. Дальнейшее сопоставление значений удельного потока, характерных для каждой выделенной группы, и экологических характеристик позволяет в сложной картине взаимодействующих факторов эмиссии метана попытаться выделить те, статистическое (но не причинно-следственное) влияние которых на значение удельного потока первостепенно, и те, влияние которых вторично. Этот подход было решено использовать по причине очень низких значений коэффициентов детерминации при нахождении регрессионных зависимостей между удельным потоком и факторами эмиссии (см. табл. 4). Аналогичный по сути подход ранее был использован другими авторами [Bubier et al., 1995] для повышения предсказательной способности модели эмиссии метана, только в расчёт брались такие экологические характеристики болот, как обилие того или иного вида мхов.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между удельным потоком и экологическими факторами, влияющими на него

Table 4. Coefficients of correlation between methane fluxes and influencing factors

Коэффициент корреляции	pH, среднее в слое	Удельная электропроводность, среднее в слое, мкСм·см ⁻¹	Мощность слоя торфа	УБВ	Трофность болота	Температура почвы на глубине 5 см	Температура почвы на глубине 15 см
Пирсона	-0.06	0.49	0.17	-0.46	-0.23	0.58	0.44
Спирмена	-0.13	0.43	0.18	-0.30	-0.32	0.47	0.38

УЭ была исключена из рассмотрения, поскольку вариабельность её значений для разных точек оказалась сопоставима с приборной погрешностью измерения. Обращает на себя внимание тот факт, что УЭ исследованных болот, как мера концентрации ионов в болотной воде, слабо коррелировала с трофностью и pH (см. табл. 5) и незначительно колебалась вокруг сравнительно низких значений, в бореальном поясе соответствующих болотам с типично олиготрофным составом растительных сообществ [Лапшина, 2004]. Почему же в этих условиях наблюдается достаточно широкое разнообразие типов растительных сообществ – от олиготрофных до эвтрофных – и как в условиях столь малых концентраций ионов способны существовать эвтрофные и мезотрофные виды?

Таблица 5. Корреляционная матрица для факторов эмиссии метана

Table 5. Correlation matrix of methane emission factors

Факторы	pH, среднее в слое	Удельная электропроводность, среднее в слое, мкСм·см ⁻¹	Мощность слоя торфа	УБВ	Трофность болота	Температура почвы на глубине 5 см	Температура почвы на глубине 15 см
pH, среднее в слое	1						
Удельная электропроводность, среднее в слое, мкСм·см ⁻¹	0.53	1					
Мощность слоя торфа	0.02	0.25	1				
УБВ	0.39	-0.14	-0.33	1			
Трофность болота	-0.31	-0.33	-0.08	-0.27	1		
Температура почвы на глубине 5 см	-0.47	0.03	0.39	-0.58	0.31	1	
Температура почвы на глубине 15 см	-0.57	-0.03	0.42	-0.77	0.50	0.82	1

На наш взгляд, есть две возможных причины разнообразия типов растительных сообществ при практически одинаковых значениях УЭ. Первой из них является различный характер подстилающей

породы, в том случае, если мощность слоя торфа меньше длины корней растений, и они получают минеральные элементы непосредственно из подстилающей породы [Лисс с соавт., 2001; Валеева и Московченко, 2009]. Вторая возможная причина – различный состав грунтовых вод, в том случае, если отличается концентрация элементов, лимитирующих развитие болотной растительности, таких как азот, фосфор или калий [Verhoeven, Schmitz, 1991; Van Duren, Pegtel, 2000], при том, что общее количество ионов в воде примерно одинаково. Возможность произрастания эвтрофных и мезотрофных видов может обуславливаться развитой у болотной растительности способностью к ретранслокации важнейших биофильных элементов [Косых с соавт., 2010], либо изменением экологических характеристик эвтрофных и мезотрофных видов вследствие различий в условиях произрастания в субарктическом поясе по сравнению с бореальным и умеренным поясом. В аутоэкологии последнее явление известно как «взаимодействие факторов» [Одум, 1986], аналогичное явление для фактора увлажнения в болотных экосистемах описано в работе Бабешинной и Зверева [2010].

Иерархический кластерный анализ и кластерный анализ методом К-средних, проведенный по данным о pH, мощности слоя торфа, УБВ и трофности болота (табл. 1), показали, что все точки, в которых проводились исследования, можно разбить на несколько групп в зависимости от экологических условий, которые, в свою очередь, влияют на эмиссию метана. Результаты кластерного анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6. Сопоставление результатов кластерного анализа с удельными потоками на сайтах, попавших в один кластер (удельные потоки и их медианы приведены в $\text{мгС-CH}_4\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{час}^{-1}$)

Table 6. Comparison of clusterization results with the specific methane fluxes from respective clusters

<i>№ кластера</i>	<i>Точки</i>	<i>Характерные совпадающие для точек признаки</i>	<i>Удельные потоки</i>	<i>Медиана</i>
1	Yas.Ol.1, Yas.Ol.2, Yas.Ol.2_1 и 2, Yas.Ol.3	Очень низкая трофность; небольшая мощность торфа; находятся в высохшем состоянии	Сходные между собой; близкие к нулю или нулевые	0.05
2	Yas.splav.1	Микроландшафт – сплавина, большая глубина сезонного протаивания	Точек для сравнения нет	1.92
3	Yas.Mez.2, Yas.Mez.3, Yas.Iva.1, Gida.Iva.1	Малая мощность слоя торфа, высокая трофность, соседство в пространстве	Несколько различны между собой, в среднем около 1-2 в зависимости от УБВ	1.58
4	Yas.Mez.4, Yas.Mez.5, Gida.Mez.1, Gida.Mez.2, Yas.Ol.Mch.1, Gida.Ol.1	Олиготрофно-мезотрофная растительность, мощность торфа 30-35 см, УБВ – от 0 до 10 см.	Несколько различны, варьируют от 1 до 3 в зависимости от УБВ и мощности торфа	1.25
5	Yas.Mez.1, Yas.Evt.1, Yas.Ol.4, Yas.oz.splav	Низкое pH, большая мощность слоя торфа, преимущественно мезотрофная и эвтрофная растительность, высокая обводненность (УБВ < 0).	Значимо различны, варьируют от 1 до 4 в зависимости от УБВ и мощности торфа	1.46

Очень чётко выделилась группа точек в южной тундре, расположенных на высохших болотах с низкой трофностью, удельный поток в которых был либо близким к нулю, либо нулевым. Низкая по сравнению с другими тундровыми болотами мощность торфа, а также наши собственные и литературные данные [Лисс с соавт., 2001] о водной эрозии в этих точках, позволяют предположить, что эти болота на данный момент находятся в стадии разрушения.

Для остальных точек характерны значимо положительные потоки. Благодаря специфике экологических условий сплавин, в отдельный кластер попала точка Yas.splav.1. Полученная для остальных кластеров картина позволяет выделить две экологических характеристики болота, которые сходны внутри кластеров и отличаются от кластера к кластеру: трофность болота и мощность торфа.

Влияние трофности на удельный поток можно в данном случае выделить статистически. Так, значение удельного потока CH_4 из точек 3-го кластера оказалось значимо выше (при сравнении средних с помощью t-критерия), чем из точек 4-го кластера, хотя в точках, попавших в 4 кластер, ниже значение УБВ (то есть, их обводненность выше) и больше мощность слоя торфа, что, казалось бы, должно приводить, наоборот, к более высокому значению удельного потока метана. Аналогичная зависимость прослеживается и при сравнении удельных потоков точек 4-го и 5-го кластеров.

При этом трофность может влиять на удельный поток как прямо, так и косвенно. Прямое влияние трофности болота на значение удельного потока метана при одинаковых значениях прочих факторов известно давно [Cicerone, Shetter, 1981], косвенное же может быть связано с упомянутой выше

взаимозависимостью факторов. На последнее указывает и низкий коэффициент корреляции между удельным потоком и трофностью (табл. 4). О влиянии мощности слоя торфа, связанном с присутствием или отсутствием субстрата на глубине метаногенеза и с достижением или не достижением корнями растений подстилающей торф породы, уже было сказано выше. Это также достаточно давно отмечалось в литературе [Whalen, Reeburgh, 1992; Nakayama, 1995].

Интересным оказывается сравнение влияния УБВ на эмиссию для всей совокупности точек и для точек каждого из кластеров. В то время как для всей совокупности медиан удельных потоков в точках характерна слабая корреляция между УБВ и потоком ($R^2 = 0.21$, табл. 4), внутри кластеров корреляция между этими величинами оказывается куда более сильной: для 3-го кластера $R^2 = 0.74$, для 4-го – $R^2 = 0.59$, а для 5-го – $R^2 = 0.81$. Таким образом, в условиях тундры такой фактор, как УБВ становится второстепенным, сохраняя однако свою значимость.

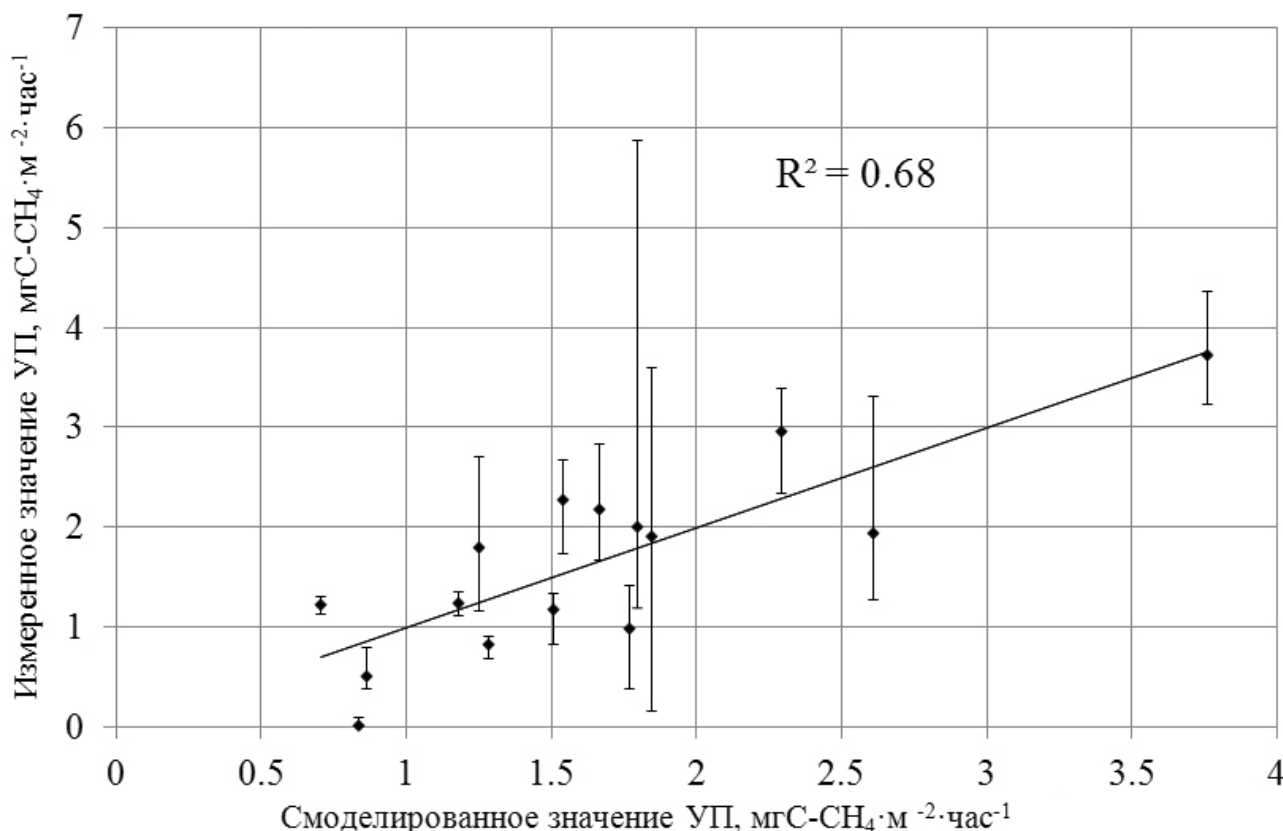


Рис. Результаты регрессионного моделирования эмиссии CH_4 из тундровых болот (усики соответствуют 1^{ой} и 3^й квартили; УП – удельный поток)

Fig. Regression modeling of CH_4 emission from tundra mires (errors correspond to 1st and 3rd quartiles; «УП» – specific methane flux)

Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть то, что трофность болота и мощность слоя торфа становятся определяющими факторами эмиссии метана в тундре, нами была рассчитана множественная нелинейная регрессия. С целью нейтрализации влияния случайных выбросов и недостатков камерного метода, выражающихся в выдавливании газа, для анализа нами использовалась такая устойчивая оценка, как медиана значений удельного потока, полученных подряд в одной точке (именно медианные значения для точек указаны в таблице 1). При этом в расчёт брались только те точки, в которых было проведено не менее 4 измерений подряд. Таким образом, анализ проводился по 15 значениям медиан удельного потока (значения для точек, попавших в первый кластер, были исключены из анализа по причине отсутствия для них значений ряда факторов эмиссии). Исходная матрица регрессоров содержала 6 переменных: температура почвы на глубинах 5 и 15 см ($T_5, T_{15} - ^\circ\text{C}$); УБВ (WTL, см); среднее значение pH в слое (pH); трофность болота, которая определялась по растительным описаниям в баллах по шкале от 1 – олиготрофное болото до 7 – эвтрофное болото [Раменский с соавт., 1956] («Трофность»), мощность торфа ($H_{\text{торф}}$, м). Форма регрессионного уравнения была выбрана квадратичная с взаимодействием, число участвующих факторов варьировало от 2 до 4. Наилучший результат дала следующая модель, для которой $R^2 = 0.68$ (рис.):

$$F = (1.5 \pm 0.5) - (4.3 \pm 1.1) \cdot (H_{\text{торф}})^2 - (0.25 \pm 0.10) \cdot (\text{«Трофность»}) + (0.61 \pm 0.14) \cdot (H_{\text{торф}} \cdot T_5)$$

где F – эмиссия ($\text{мгСН}_4 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$). Анализ остатков с помощью критерия Колмогорова-Смирнова показал нормальное распределение последних, что свидетельствует о высоком качестве модели. При использовании только двух факторов для наилучшей модели коэффициент детерминации оказался равен 0.54, было найдено два значимых коэффициента, а экологическими факторами были трофность болота и температура почвы на глубине 5 см. Статистически достоверных зависимостей для 4 факторов вообще не было получено.

Таким образом, использование и кластерного анализа (в двух разных вариантах) и множественной регрессии приводит к одним и тем же выводам: наиболее значимыми экологическими факторами эмиссии метана в условиях тундры являются трофность болота и мощность слоя торфа. Кроме того, величина коэффициента детерминации позволяет говорить и о высокой значимости такого фактора, как температура почвы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны старшему научному сотруднику Л.И. Абрамовой за определение трофности болот по видовому составу их растительности. Кроме того, авторы благодарят всех участников экспедиций 2009-2010 года, в особенности м.н.с. ИФА РАН В.С. Казанцева и студента ТГУ Н.И. Стрельникова, получивших основной массив полевых данных.

Приложение А. Эмиссия метана с тундровых болот Западной Сибири
Appendix A. Methane emission from West Siberia tundra mires

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С				УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹		
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)						Среднее	СТО	
					0	5	15						45
Южная тундра, Yas.Oz - внутриболотные озёра, 2010 год													
Yas.Oz.1.1	67.35333	78.88485	9.08	12.1	11.6	12.5	12.5	12.5	-	5.4	-	1.05	0.57
Yas.Oz.1.2	67.35335	78.88485	9.08	12.1	11.6	12.5	12.5	12.5	-	5.4	-	0.47	0.16
Yas.Oz.1.1	67.35333	78.88485	9.08	12.5	11.6	13.0	13.0	12.5	-	5.4	-	0.47	0.12
Yas.Oz.1.2	67.35335	78.88485	9.08	12.5	11.6	13.0	13.0	12.5	-	5.4	-	0.13	0.01
Yas.Oz.1.2.1	67.35330	78.88518	11.08	14.0	13.6	13.0	12.7	11.8	-	5.4	-	0.29	0.01
Yas.Oz.1.2.2	67.35332	78.88516	11.08	14.0	13.6	13.0	12.7	11.8	-	5.4	-	0.52	0.88
Yas.Oz.1.2.1	67.35330	78.88518	11.08	16.6	14.3	14.0	13.8	12.0	-	5.4	-	0.26	0.19
Yas.Oz.1.2.2	67.35332	78.88516	11.08	16.6	14.3	14.0	13.8	12.0	-	5.4	-	0.04	0.17
Yas.Oz.2.1.1	67.35482	78.90742	12.08	13.8	12.8	13.0	13.0	12.5	-	5.8	-	0.19	0.11
Yas.Oz.2.2.1	67.35482	78.90742	12.08	13.8	12.8	13.0	13.0	12.5	-	5.8	-	0.34	0.09
Yas.Oz.2.1.2	67.35482	78.90742	12.08	14.0	12.8	13.0	13.0	12.7	-	5.8	-	0.13	0.01
Yas.Oz.2.2.2	67.35482	78.90742	12.08	14.0	12.8	13.0	13.0	12.7	-	5.8	-	0.30	0.11
Yas.Oz.2.1.3	67.35482	78.90738	12.08	14.0	13.0	13.0	13.0	13.0	-	5.8	-	0.33	0.09
Yas.Oz.2.2.3	67.35495	78.90677	12.08	14.0	13.0	13.0	13.0	13.0	-	5.8	-	0.77	0.04
Yas.Oz.2.1.4	67.35482	78.90738	12.08	14.0	13.0	13.1	13.0	13.0	-	5.8	-	0.37	0.02
Yas.Oz.2.2.4	67.35495	78.90677	12.08	14.0	13.0	13.1	13.0	13.0	-	5.8	-	0.58	0.02
Yas.Oz.3.1.1	67.34435	78.90898	13.08	13.8	13.0	13.5	13.0	13.0	-	6.4	-	0.02	0.07
Yas.Oz.3.2.1	67.34452	78.90875	13.08	13.8	13.0	13.5	13.0	13.0	-	6.4	-	0.37	0.07
Yas.Oz.3.1.2	67.34435	78.90898	13.08	13.0	13.0	13.2	13.0	13.0	-	6.4	-	0.22	0.06
Yas.Oz.3.2.2	67.34452	78.90875	13.08	13.0	13.0	13.2	13.0	13.0	-	6.4	-	0.26	0.14
Yas.Oz.3.1.3	67.34688	78.90563	13.08	12.5	13.5	13.5	13.5	13.5	-	6.4	-	0.44	0.02
Yas.Oz.3.2.3	67.34690	78.90567	13.08	12.5	13.5	13.5	13.5	13.5	-	6.4	-	0.14	0.11
Yas.Oz.3.1.4	67.34688	78.90563	13.08	12.6	13.5	13.5	13.5	13.5	-	6.4	-	0.02	0.09
Yas.Oz.3.2.4	67.34690	78.90567	13.08	12.6	13.5	13.5	13.5	13.5	-	6.4	-	0.23	0.16
Yas.Oz.4.1.1	67.34863	78.89627	14.08	8.0	10.8	11.3	11.0	11.0	-	6.3	-	0.09	0.21
Yas.Oz.4.2.1	67.34863	78.89625	14.08	8.0	10.8	11.3	11.0	11.0	-	6.3	-	0.33	0.13
Yas.Oz.4.1.2	67.34863	78.89627	14.08	8.0	11.0	11.0	11.0	11.0	-	6.3	-	0.00	0.01
Yas.Oz.4.2.2	67.34863	78.89625	14.08	8.0	11.0	11.0	11.0	11.0	-	6.3	-	0.28	0.03
Yas.Oz.4.1.3	67.34865	78.89620	14.08	8.5	11.0	11.0	11.0	10.7	-	6.3	-	0.40	0.03
Yas.Oz.4.2.3	67.34858	78.89450	14.08	8.5	11.0	11.0	11.0	10.7	-	6.3	-	0.29	0.02
Yas.Oz.4.1.4	67.34865	78.89620	14.08	8.0	10.7	11.0	11.0	10.5	-	6.3	-	0.21	0.02
Yas.Oz.4.2.4	67.34858	78.89450	14.08	8.0	10.7	11.0	11.0	10.5	-	6.3	-	0.04	0.01
Yas.Oz.5.1.1	67.35127	78.89002	14.08	8.5	9.0	10.3	10.5	10.5	-	6.5	-	0.18	0.06
Yas.Oz.5.2.1	67.35127	78.89003	14.08	8.5	9.0	10.3	10.5	10.5	-	6.5	-	1.15	0.14
Yas.Oz.5.1.2	67.35127	78.89002	14.08	8.0	9.5	10.3	10.5	10.5	-	6.5	-	0.26	0.03
Yas.Oz.5.2.2	67.35127	78.89003	14.08	8.0	9.5	10.3	10.5	10.5	-	6.5	-	0.40	0.03
Yas.Oz.5.1.3	67.35123	78.89035	14.08	7.8	10.0	10.5	10.5	10.0	-	6.5	-	0.14	0.04
Yas.Oz.5.2.3	67.35122	78.89037	14.08	7.8	10.0	10.5	10.5	10.0	-	6.5	-	0.55	0.04
Yas.Oz.5.1.4	67.35123	78.89035	14.08	7.5	10.0	10.5	10.2	10.0	-	6.5	-	0.21	0.01
Yas.Oz.5.2.4	67.35122	78.89037	14.08	7.5	10.0	10.5	10.2	10.0	-	6.5	-	0.20	0.02
Южная тундра, Yas.Oz.1.splav и Yas.splav – приозёрные сплавины, 2010 год													
Yas.splav.1	67.35325	78.88422	8.08	9.0	9.0	10.0	9.2	-	0	5.3	Nan, Ros, Sph	0.95	0.29
Yas.splav.3	67.35325	78.88423	8.08	9.0	9.0	10.0	9.2	-	1	5.3	Nan, Ros, Sph	1.69	0.29
Yas.splav.2	67.35327	78.88425	8.08	9.0	9.0	10.0	9.2	-	0	5.3	Nan, Ros, Sph	0.50	0.05
Yas.splav.4	67.35323	78.88425	8.08	9.0	9.0	10.0	9.2	-	1	5.3	Nan, Ros, Sph	0.17	0.03
Yas.splav.5	67.35312	78.88440	9.08	13.7	н.д.	13.7	12.6	-	-20	5.5	Nan, Ros, Sph	4.76	0.14
Yas.splav.6	67.35313	78.88442	9.08	13.6	н.д.	13.7	12.5	-	-20	5.5	Nan, Ros, Sph	3.35	0.10
Yas.splav.5	67.35312	78.88440	9.08	13.5	н.д.	14.0	12.5	-	-20	5.5	Nan, Ros, Sph	6.05	1.74
Yas.splav.6	67.35313	78.88442	9.08	13.5	н.д.	14.0	12.5	-	-20	5.5	Nan, Ros, Sph	2.70	0.08
Yas.splav.7	67.35312	78.88440	9.08	13.8	н.д.	14.0	12.5	-	-25	5.5	Nan, Ros, Sph	2.16	0.41
Yas.splav.8	67.35307	78.88447	9.08	13.8	н.д.	14.0	12.5	-	-25	5.5	Nan, Ros, Sph	0.45	0.27
Yas.Oz.1.splav.1	67.35348	78.88430	11.08	15.5	н.д.	15.0	10.7	-	-13	5.9	Nan, Ros, Sph	3.26	0.10
Yas.Oz.1.splav.2	67.35350	78.88440	11.08	15.5	н.д.	15.0	10.7	-	-12	5.9	Nan, Ros, Sph	3.23	0.10
Yas.Oz.1.splav.3	67.35348	78.88430	11.08	15.5	н.д.	15.0	10.7	-	-15	5.9	Nan, Ros, Sph	4.21	0.36
Yas.Oz.1.splav.1	67.35348	78.88430	11.08	16.5	н.д.	15.0	10.0	-	-13	5.9	Nan, Ros, Sph	4.43	0.70
Yas.Oz.1.splav.2	67.35350	78.88440	11.08	16.5	н.д.	15.0	10.0	-	-12	5.9	Nan, Ros, Sph	3.11	0.09
Yas.Oz.1.splav.3	67.35348	78.88430	11.08	16.5	н.д.	15.0	10.0	-	15	5.9	Nan, Ros, Sph	5.38	0.35

Приложение А (продолжение)
Appendix A (continuation)

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С				УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹		
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)						Среднее	СТО	
					0	5	15						45
Типичная тундра, Gida.Oz - внутриболотные озёра, 2010 год													
Gida.Oz.1.1.1	70.90378	78.51748	27.08	9.5	8.5	н.д.	8.5	8.0	-	7.5	-	0.16	0.02
Gida.Oz.1.2.1	70.90378	78.51748	27.08	9.5	8.5	н.д.	8.5	8.0	-	7.5	-	0.35	0.31
Gida.Oz.1.1.2	70.90378	78.51748	27.08	10.0	8.5	н.д.	8.5	8.0	-	7.5	-	0.22	0.01
Gida.Oz.1.2.2	70.90378	78.51748	27.08	10.0	8.5	н.д.	8.5	8.0	-	7.5	-	0.30	0.80
Gida.Oz.1.1.3	70.90378	78.51748	27.08	10.7	8.5	н.д.	8.5	8.2	-	7.5	-	0.28	0.04
Gida.Oz.1.2.3	70.90378	78.51748	27.08	10.7	8.5	н.д.	8.5	8.2	-	7.5	-	0.19	0.02
Gida.Oz.1.1.4	70.90378	78.51748	27.08	10.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.5	-	0.95	0.10
Gida.Oz.1.2.4	70.90378	78.51748	27.08	10.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.5	-	0.73	0.08
Gida.Oz.2.1.1	70.90449	78.53190	27.08	10.5	8.7	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.10	0.04
Gida.Oz.2.2.1	70.90449	78.53190	27.08	10.5	8.7	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.25	0.02
Gida.Oz.2.1.2	70.90449	78.53190	27.08	10.5	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.20	0.03
Gida.Oz.2.2.2	70.90449	78.53190	27.08	10.5	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.17	0.01
Gida.Oz.2.1.3	70.90449	78.53190	27.08	10.2	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.19	0.01
Gida.Oz.2.2.3	70.90449	78.53190	27.08	10.2	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.18	0.02
Gida.Oz.2.1.4	70.90449	78.53190	27.08	9.7	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.14	0.02
Gida.Oz.2.2.4	70.90449	78.53190	27.08	9.7	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.3	-	0.22	0.12
Gida.Oz.3.1.1	70.90482	78.54229	27.08	9.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.2	-	0.19	0.01
Gida.Oz.3.2.1	70.90482	78.54229	27.08	9.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.2	-	-0.01	0.01
Gida.Oz.3.1.2	70.90482	78.54229	27.08	9.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.2	-	0.30	0.01
Gida.Oz.3.2.2	70.90482	78.54229	27.08	9.0	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.2	-	0.27	0.02
Gida.Oz.3.1.3	70.90482	78.54229	28.08	8.0	7.8	н.д.	8.0	8.5	-	7.2	-	0.50	0.23
Gida.Oz.3.2.3	70.90482	78.54229	28.08	8.0	7.8	н.д.	8.0	8.5	-	7.2	-	-0.02	0.01
Gida.Oz.3.1.4	70.90482	78.54229	28.08	7.3	7.5	н.д.	7.5	7.0	-	7.2	-	0.54	0.02
Gida.Oz.3.2.4	70.90482	78.54229	28.08	7.3	7.5	н.д.	7.5	7.0	-	7.2	-	0.47	0.01
Gida.Oz.4.1.1	70.90117	78.54040	28.08	9.3	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.4	-	0.37	0.03
Gida.Oz.4.2.1	70.90117	78.54040	28.08	9.3	8.5	н.д.	8.5	8.5	-	7.4	-	0.37	0.02
Gida.Oz.4.1.2	70.90117	78.54040	28.08	8.5	8.7	н.д.	8.5	8.5	-	7.4	-	0.40	0.01
Gida.Oz.4.2.2	70.90117	78.54040	28.08	8.5	8.7	н.д.	8.5	8.5	-	7.4	-	0.38	0.01
Gida.Oz.4.1.3	70.90117	78.54040	28.08	8.2	8.8	н.д.	8.7	8.5	-	7.4	-	0.37	0.01
Gida.Oz.4.2.3	70.90117	78.54040	28.08	8.2	8.8	н.д.	8.7	8.5	-	7.4	-	0.43	0.01
Gida.Oz.4.1.4	70.90117	78.54040	28.08	8.0	8.8	н.д.	8.7	8.5	-	7.4	-	0.31	0.07
Gida.Oz.4.2.4	70.90117	78.54040	28.08	8.0	8.8	н.д.	8.7	8.5	-	7.4	-	0.36	0.01
Gida.Oz.5.1.1	70.89643	78.52778	28.08	7.3	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	0.00	0.01
Gida.Oz.5.2.1	70.89643	78.52778	28.08	7.3	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	0.05	0.05
Gida.Oz.5.1.2	70.89643	78.52778	28.08	7.0	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	0.06	0.02
Gida.Oz.5.2.2	70.89643	78.52778	28.08	7.0	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	1.16	0.63
Gida.Oz.5.1.3	70.89643	78.52778	28.08	7.0	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	0.12	0.03
Gida.Oz.5.2.3	70.89643	78.52778	28.08	7.0	9.0	н.д.	9.0	8.5	-	7.1	-	0.27	0.09
Gida.Oz.5.1.4	70.89643	78.52778	28.08	6.8	8.7	н.д.	8.8	8.5	-	7.1	-	0.15	0.01
Gida.Oz.5.2.4	70.89643	78.52778	28.08	6.8	8.7	н.д.	8.8	8.5	-	7.1	-	0.13	0.02
Южная тундра, эвтрофное болото, 2010 год													
Yas.Evt.1.1	67.36463	78.90183	3.08	10.8	9.5	9.0	9.0	2.2	-24	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	1.71	0.47
Yas.Evt.1.2	67.36463	78.90183	3.08	10.8	9.5	9.0	9.0	2.2	-20	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	4.29	0.13
Yas.Evt.1.1	67.36463	78.90183	3.08	12.0	10.0	9.0	9.1	1.5	-24	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	0.65	0.27
Yas.Evt.1.2	67.36463	78.90183	3.08	12.4	10.0	9.0	9.2	1.5	-20	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	4.09	0.12
Yas.Evt.1.3	67.36467	78.90177	3.08	9.9	9.5	9.0	9.5	5.0	-19	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	2.05	0.12
Yas.Evt.1.4	67.36465	78.90182	3.08	9.9	9.5	9.0	9.5	5.0	-22	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	1.60	0.09
Yas.Evt.1.3	67.36467	78.90177	3.08	9.3	9.0	9.0	9.5	5.0	-19	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	2.30	0.07
Yas.Evt.1.4	67.36465	78.90182	3.08	9.3	9.0	9.0	9.5	5.0	-22	4.9	<i>Acu, Esh, Sph</i>	2.42	0.11

Приложение А (продолжение)
Appendix A (continuation)

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С				УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹		
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)						Среднее	СТО	
					0	5	15						45
Южная тундра, Yas.Mez.1, Yas.Mez.2, Yas.Mez.3 – эвтрофные болота, Yas.Mez.4, Yas.Mez.5 – олиготрофные мочажины, 2010 год													
Yas.Mez.1.1	67.36455	78.90188	3.08	10.8	9.5	9.0	9.0	2.2	-18	4.9	<i>Nan, Ped, Squ</i>	1.01	0.04
Yas.Mez.1.2	67.36457	78.90185	3.08	10.8	9.5	9.0	9.0	2.2	-10	4.9	<i>Nan, Ped, Squ</i>	-0.04	0.01
Yas.Mez.1.1	67.36455	78.90188	3.08	12.0	10.0	9.0	9.1	1.5	-18	4.9	<i>Nan, Ped, Squ</i>	0.83	0.04
Yas.Mez.1.2	67.36457	78.90185	3.08	12.4	10.0	9.0	9.2	1.5	-10	4.9	<i>Nan, Ped, Squ</i>	0.54	0.10
Yas.Mez.2.1	67.36473	78.90175	3.08	9.8	9.5	9.0	9.5	5.0	0	4.9	<i>Sap, Esh, Squ</i>	1.57	1.16
Yas.Mez.2.2	67.36473	78.90175	3.08	9.8	9.5	9.0	9.5	5.0	0	4.9	<i>Sap, Esh, Squ</i>	-0.04	0.01
Yas.Mez.2.1	67.36473	78.90175	3.08	9.3	9.0	9.0	9.5	5.0	0	4.9	<i>Sap, Esh, Squ</i>	1.05	0.39
Yas.Mez.2.2	67.36473	78.90175	3.08	9.3	9.0	9.0	9.5	5.0	0	4.9	<i>Sap, Esh, Squ</i>	1.40	0.28
Yas.Mez.3.1	67.36357	78.90260	3.08	7.5	9.7	9.5	8.5	0.5	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	0.01	0.01
Yas.Mez.3.3	67.36348	78.90275	3.08	7.5	9.7	9.5	8.5	0.5	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	2.80	0.15
Yas.Mez.3.2	67.36353	78.90265	3.08	7.5	9.7	9.5	8.5	0.5	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	0.18	0.37
Yas.Mez.3.4	67.36350	78.90277	3.08	7.5	9.7	9.5	8.5	0.5	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	1.83	0.44
Yas.Mez.3.1	67.36357	78.90260	3.08	7.3	9.5	9.3	8.5	0.0	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	2.98	0.29
Yas.Mez.3.3	67.36348	78.90275	3.08	7.3	9.5	9.3	8.5	0.0	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	2.69	0.33
Yas.Mez.3.2	67.36353	78.90265	3.08	7.3	9.5	9.3	8.5	0.0	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	1.80	0.10
Yas.Mez.3.4	67.36350	78.90277	3.08	7.3	9.5	9.3	8.5	0.0	0	5.2	<i>Bet, Acu, Fus</i>	1.51	0.72
Yas.Mez.4.1	67.36380	78.90238	4.08	15.7	10.2	9.0	8.0	2.0	0	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	1.23	2.47
Yas.Mez.4.3	67.36373	78.90243	4.08	15.7	10.2	9.0	8.0	2.0	1	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	2.62	0.15
Yas.Mez.4.2	67.36380	78.90240	4.08	15.7	10.2	9.0	8.0	2.0	0	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	3.07	0.64
Yas.Mez.4.4	67.36373	78.90245	4.08	15.7	10.2	9.0	8.0	2.0	2	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	3.35	0.25
Yas.Mez.4.1	67.36380	78.90238	4.08	15.8	10.0	9.2	7.0	0.5	0	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	3.87	0.19
Yas.Mez.4.3	67.36373	78.90243	4.08	15.8	10.0	9.2	7.0	0.5	1	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	1.51	0.35
Yas.Mez.4.2	67.36380	78.90240	4.08	15.8	10.0	9.2	7.0	0.5	0	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	2.85	1.04
Yas.Mez.4.4	67.36373	78.90245	4.08	15.8	10.0	9.2	7.0	0.5	2	5.3	<i>Sap, Acu, Sph</i>	3.55	0.83
Yas.Mez.5.1	67.36182	78.90713	5.08	12.8	11.3	9.3	6.2	1.0	0	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	4.92	0.20
Yas.Mez.5.2	67.36183	78.90712	5.08	12.8	11.3	9.0	6.2	0.8	0	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	0.80	0.87
Yas.Mez.5.3	67.36185	78.90708	5.08	12.8	11.3	9.0	6.2	0.8	3	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	1.01	1.00
Yas.Mez.5.4	67.36185	78.90710	5.08	12.8	11.3	9.0	6.2	0.8	4	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	2.44	0.79
Yas.Mez.5.1	67.36182	78.90713	5.08	12.8	10.8	7.8	6.0	0.8	0	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	4.91	1.32
Yas.Mez.5.2	67.36183	78.90712	5.08	12.8	10.7	7.8	6.0	0.8	0	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	1.58	0.84
Yas.Mez.5.3	67.36185	78.90708	5.08	12.8	10.7	7.8	6.0	0.8	3	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	8.90	2.07
Yas.Mez.5.4	67.36185	78.90710	5.08	13.0	10.7	7.8	6.0	0.8	4	4.9	<i>Gla, Com, Sph</i>	1.54	0.05
Типичная тундра, Gida Mez.1 и Gida Mez.2 – олиготрофные мочажины, 2010 год													
Gida Mez.1.1	70.88995	78.55097	27.08	11.1	7.3	4.4	2.1	0.5 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.90	0.03
Gida Mez.1.2	70.88997	78.55102	27.08	11.1	7.3	4.4	2.1	0.5 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.49	0.04
Gida Mez.1.1	70.88995	78.55097	27.08	14.1	8.2	4.0	2.0	0.5 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.80	0.05
Gida Mez.1.2	70.88997	78.55102	27.08	14.1	8.2	4.0	2.0	0.5 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.42	0.06
Gida Mez.1.3	70.88992	78.55108	27.08	12.6	8.2	4.0	2.0	0.5 ^{в)}	13	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.55	0.02
Gida Mez.1.4	70.88995	78.55112	27.08	12.6	8.2	4.0	2.0	0.5 ^{в)}	17	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.33	0.07
Gida Mez.1.3	70.88992	78.55108	27.08	12.3	7.9	4.0	2.1	0.5 ^{в)}	13	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.81	0.05
Gida Mez.1.4	70.88995	78.55112	27.08	12.3	7.9	4.0	2.1	0.5 ^{в)}	17	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.20	0.04
Gida Mez.2.1	70.89023	78.55205	27.08	12.4	7.8	4.5	2.0	0.5 ^{в)}	12	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.95	0.04
Gida Mez.2.2	70.89023	78.55207	27.08	12.4	7.8	4.5	2.0	0.5 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.85	0.11
Gida Mez.2.1	70.89023	78.55205	27.08	11.1	7.1	4.5	2.0	0.3 ^{в)}	12	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.17	0.06
Gida Mez.2.2	70.89023	78.55207	27.08	11.1	7.1	4.5	2.0	0.3 ^{в)}	10	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.76	0.03
Gida Mez.2.3	70.89027	78.55197	27.08	10.6	6.5	4.5	2.0	0.2 ^{в)}	5	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.29	0.09
Gida Mez.2.4	70.89027	78.55197	27.08	10.6	6.5	4.5	2.0	0.2 ^{в)}	7	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.48	0.04
Gida Mez.2.3	70.89027	78.55197	27.08	8.7	6.1	4.5	2.0	0.0 ^{в)}	5	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.70	0.15
Gida Mez.2.4	70.89027	78.55197	27.08	8.7	6.1	4.5	2.0	0.0 ^{в)}	7	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.63	0.05
Gida Mez.2.5	70.89025	78.55210	28.08	9.1	8.6	5.4	2.5	0.0 ^{в)}	3	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.22	0.04
Gida Mez.2.6	70.89023	78.55207	28.08	9.1	8.6	5.4	2.5	0.0 ^{в)}	13	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.57	0.05
Gida Mez.2.5	70.89025	78.55210	28.08	9.1	8.6	5.2	2.5	0.0 ^{в)}	3	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.18	0.04
Gida Mez.2.6	70.89023	78.55207	28.08	9.1	8.6	5.2	2.5	0.0 ^{в)}	13	5.7	<i>Nan, Acu, Fus</i>	0.61	0.08

Приложение А (продолжение)
Appendix A (continuation)

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С				УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹		
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)						Среднее	СТО	
					0	5	15						45
Южная тундра, Yas.Iva – эвтрофное болото, 2010 год													
Yas.Iva.1.1	67.3626	78.8815	15.08	10.9	н.д.	10.3	5.5	н.д.	12	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.24	0.02
Yas.Iva.1.3	67.3626	78.8815	15.08	10.9	н.д.	10.3	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.12	0.01
Yas.Iva.1.2	67.3626	78.8815	15.08	10.9	н.д.	10.3	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.97	0.03
Yas.Iva.1.4	67.3626	78.8815	15.08	10.9	н.д.	10.3	5.5	н.д.	10	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.06	0.01
Yas.Iva.1.1	67.3626	78.8815	15.08	9.8	н.д.	9.5	5.5	н.д.	12	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.10	0.01
Yas.Iva.1.3	67.3626	78.8815	15.08	9.8	н.д.	9.5	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.12	0.01
Yas.Iva.1.2	67.3626	78.8815	15.08	9.8	н.д.	9.5	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.43	0.02
Yas.Iva.1.4	67.3626	78.8815	15.08	9.8	н.д.	9.5	5.5	н.д.	10	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.02	0.01
Yas.Iva.1.1	67.3626	78.8815	15.08	9.2	н.д.	9.0	5.5	н.д.	12	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.08	0.01
Yas.Iva.1.3	67.3626	78.8815	15.08	9.2	н.д.	9.0	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.07	0.01
Yas.Iva.1.2	67.3626	78.8815	15.08	9.2	н.д.	9.0	5.5	н.д.	8	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.20	0.02
Yas.Iva.1.4	67.3626	78.8815	15.08	9.2	н.д.	9.0	5.5	н.д.	10	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.05	0.03
Yas.Iva.1.5	67.3627	78.8814	16.08	15.7	н.д.	7.5	4.5	н.д.	5	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.00	0.01
Yas.Iva.1.7	67.3626	78.8813	16.08	15.7	н.д.	7.5	4.5	н.д.	20	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.00	0.01
Yas.Iva.1.6	67.3627	78.8814	16.08	15.8	н.д.	7.5	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.12	0.01
Yas.Iva.1.8	67.3626	78.8813	16.08	15.8	н.д.	7.5	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.00	0.02
Yas.Iva.1.5	67.3627	78.8814	16.08	16.7	н.д.	8.0	4.5	н.д.	5	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.01	0.01
Yas.Iva.1.7	67.3626	78.8813	16.08	16.7	н.д.	8.0	4.5	н.д.	20	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.00	0.01
Yas.Iva.1.6	67.3627	78.8814	16.08	16.7	н.д.	8.0	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.01	0.01
Yas.Iva.1.8	67.3626	78.8813	16.08	16.7	н.д.	8.0	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	0.03	0.11
Yas.Iva.1.5	67.3627	78.8814	16.08	16.7	н.д.	8.5	4.5	н.д.	5	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.01	0.01
Yas.Iva.1.7	67.3626	78.8813	16.08	16.7	н.д.	8.5	4.5	н.д.	20	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.01	0.01
Yas.Iva.1.6	67.3627	78.8814	16.08	16.8	н.д.	8.5	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.04	0.01
Yas.Iva.1.8	67.3626	78.8813	16.08	16.8	н.д.	8.5	4.5	н.д.	-	5.5	<i>Aln, Sap, Com</i>	-0.02	0.01
Типичная тундра, Gida.Iva – олиготрофная мочажина, 2010 год													
Gida.Iva.1.1	70.8981	78.5326	28.08	8.1	7.6	6.1	3.8	0.6	3	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.30	0.07
Gida.Iva.1.2	70.8981	78.5326	28.08	8.1	7.6	6.1	3.8	0.6	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.61	0.05
Gida.Iva.1.1	70.8981	78.5326	28.08	7.5	7.2	5.8	3.5	0.0	3	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.23	0.07
Gida.Iva.1.2	70.8981	78.5326	28.08	7.5	7.2	5.8	3.5	0.0	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.63	0.05
Gida.Iva.1.3	70.8981	78.5327	28.08	7.5	7.1	5.5	3.5	0.0	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.74	0.11
Gida.Iva.1.4	70.8981	78.5327	28.08	7.5	7.1	5.5	3.5	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.35	0.75
Gida.Iva.1.3	70.8981	78.5327	28.08	6.5	6.1	5.5	3.5	0.0	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.58	0.05
Gida.Iva.1.4	70.8981	78.5327	28.08	6.5	6.1	5.5	3.5	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.48	0.11
Gida.Iva.1.5	70.8982	78.5325	28.08	5.1	6.0	6.1	4.0	0.1	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.85	0.09
Gida.Iva.1.6	70.8982	78.5325	28.08	5.1	6.0	6.1	4.0	0.1	1	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.66	0.08
Gida.Iva.1.5	70.8982	78.5325	28.08	4.4	5.6	6.0	4.0	0.0	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.92	0.09
Gida.Iva.1.6	70.8982	78.5325	28.08	4.4	5.6	6.0	4.0	0.0	1	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.47	0.09
Gida.Iva.1.7	70.8982	78.5324	28.08	4.4	5.6	6.0	4.0	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.96	0.06
Gida.Iva.1.8	70.8982	78.5325	28.08	4.4	5.6	6.0	4.0	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.57	0.08
Gida.Iva.1.5	70.8982	78.5325	28.08	4.0	5.2	5.6	3.6	0.0	2	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.86	0.09
Gida.Iva.1.6	70.8982	78.5325	28.08	4.0	5.2	5.6	3.6	0.0	1	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.75	0.09
Gida.Iva.1.7	70.8982	78.5324	28.08	4.0	5.2	5.6	3.6	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	1.75	0.10
Gida.Iva.1.8	70.8982	78.5325	28.08	4.0	5.2	5.6	3.6	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.29	0.25
Gida.Iva.1.7	70.8982	78.5324	29.08	6.2	4.5	4.5	3.5	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.19	0.07
Gida.Iva.1.8	70.8982	78.5325	29.08	6.2	4.5	4.5	3.5	0.0	0	6.1	<i>Nan, Acu, Fus</i>	2.85	0.09

Приложение А (продолжение)
Appendix A (continuation)

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С					УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹	
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)							Среднее	СТО
					0	5	15	45					
Южная тундра, Yas.Ol.1 и Yas.Ol.2 – олиготрофные мочажины, 2010 год													
Yas.Ol.1.1	67.36248	78.90385	4.08	12.2	9.2	8.4	2.8	0.7 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	0.42	0.10
Yas.Ol.1.3	67.36257	78.90398	4.08	12.2	9.2	8.4	2.8	0.7 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	1.47	0.25
Yas.Ol.1.2	67.36255	78.90388	4.08	12.2	9.2	8.4	2.8	0.7 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	-0.01	0.01
Yas.Ol.1.4	67.36257	78.90400	4.08	12.2	9.2	8.4	2.8	0.7 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	-0.06	0.01
Yas.Ol.1.1	67.36248	78.90385	4.08	11.9	8.0	7.3	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	0.13	0.04
Yas.Ol.1.3	67.36257	78.90398	4.08	11.9	8.0	7.3	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	0.28	0.30
Yas.Ol.1.2	67.36255	78.90388	4.08	11.9	7.9	7.3	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	0.05	0.04
Yas.Ol.1.4	67.36257	78.90400	4.08	11.9	7.9	7.3	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Vag, Sph</i>	-0.07	0.01
Yas.Ol.2.1	67.36240	78.90443	4.08	9.3	9.6	8.9	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	0.43	0.12
Yas.Ol.2.3	67.36240	78.90448	4.08	9.3	9.6	8.9	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	0.74	0.22
Yas.Ol.2.2	67.36240	78.90443	4.08	9.3	9.6	8.9	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	0.76	0.33
Yas.Ol.2.4	67.36240	78.90450	4.08	9.3	9.6	8.9	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	0.52	0.10
Yas.Ol.2.1	67.36240	78.90443	4.08	7.4	8.4	8.2	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	0.32	0.48
Yas.Ol.2.3	67.36240	78.90448	4.08	7.4	8.4	8.2	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	-0.02	0.01
Yas.Ol.2.2	67.36240	78.90443	4.08	7.4	8.3	8.2	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	-0.01	0.01
Yas.Ol.2.4	67.36240	78.90450	4.08	7.4	8.3	8.2	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Nan, Glo, Cla</i>	-0.06	0.01
Yas.Ol.2.1.1	67.35900	78.89395	5.08	10.7	7.3	4.3	2.5	0.3 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.03	0.01
Yas.Ol.2.2.1	67.35897	78.89392	5.08	10.7	7.3	4.3	2.5	0.3 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.04	0.01
Yas.Ol.2.1.2	67.35900	78.89395	5.08	10.7	7.4	4.3	2.5	0.3 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	-0.01	0.01
Yas.Ol.2.2.2	67.35897	78.89393	5.08	10.7	7.4	4.3	2.5	0.3 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.44	0.05
Yas.Ol.2.1.1	67.35900	78.89395	5.08	10.3	8.0	5.0	2.5	0.0 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.15	0.06
Yas.Ol.2.2.1	67.35897	78.89392	5.08	10.3	8.0	5.0	2.5	0.0 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	-0.01	0.01
Yas.Ol.2.1.2	67.35900	78.89395	5.08	10.3	8.0	5.0	2.5	0.0 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.02	0.01
Yas.Ol.2.2.2	67.35897	78.89393	5.08	10.3	8.0	5.0	2.5	0.0 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.00	0.01
Yas.Ol.2.1.3	67.35903	78.89400	6.08	13.9	8.7	4.5	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.00	0.01
Yas.Ol.2.1.4	67.35903	78.89400	6.08	13.9	8.7	4.5	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.36	0.16
Yas.Ol.2.2.4	67.35898	78.89390	6.08	13.9	8.7	4.5	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	-0.01	0.24
Yas.Ol.2.2.3	67.35898	78.89392	6.08	13.9	8.7	4.5	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.22	0.20
Yas.Ol.2.1.3	67.35903	78.89400	6.08	17.7	11.3	5.0	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.00	0.01
Yas.Ol.2.1.4	67.35903	78.89400	6.08	17.7	11.3	5.0	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.00	0.01
Yas.Ol.2.2.3	67.35898	78.89392	6.08	17.7	11.3	5.0	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	0.17	0.10
Yas.Ol.2.2.4	67.35898	78.89390	6.08	17.7	11.3	5.0	2.5	0.5 ^{г)}	-	-	<i>Led, Rub, Sph</i>	-0.04	0.01
Типичная тундра, Gida.Ol.1 – эвтрофное болото, 2010 год													
Gida.Ol.1.4	70.89772	78.52648	29.08	8.2	6.4	н.д.	4.0	1.4 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.44	0.04
Gida.Ol.1.3	70.89767	78.52645	29.08	8.2	6.4	н.д.	4.0	1.4 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.05	0.11
Gida.Ol.1.2	70.89768	78.52643	29.08	8.2	6.4	н.д.	4.0	1.4 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.15	0.03
Gida.Ol.1.1	70.89770	78.52645	29.08	8.2	6.4	н.д.	4.0	1.4 ^{з)}	0	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.29	0.04
Gida.Ol.1.1	70.89770	78.52645	29.08	6.6	6.7	н.д.	3.6	1.0 ^{з)}	0	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.24	0.04
Gida.Ol.1.2	70.89768	78.52643	29.08	6.6	6.7	н.д.	3.6	1.0 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.09	0.03
Gida.Ol.1.3	70.89767	78.52645	29.08	6.6	6.7	н.д.	3.6	1.0 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	6.54	2.10
Gida.Ol.1.4	70.89767	78.52645	29.08	6.6	6.7	н.д.	3.6	1.0 ^{з)}	1	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.45	0.04
Gida.Ol.1.5	70.89772	78.52648	29.08	8.1	7.1	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-2	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.25	0.04
Gida.Ol.1.6	70.89775	78.52598	29.08	8.1	7.1	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	0	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	0.50	0.01
Gida.Ol.1.7	70.89777	78.52598	29.08	8.1	7.1	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.15	0.03
Gida.Ol.1.8	70.89768	78.52580	29.08	8.1	7.1	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	2.26	0.07
Gida.Ol.1.5	70.89768	78.52580	29.08	8.0	7.5	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-2	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.25	0.04
Gida.Ol.1.6	70.89775	78.52598	29.08	8.0	7.5	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	0	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	0.48	0.01
Gida.Ol.1.7	70.89777	78.52598	29.08	8.0	7.5	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.14	0.03
Gida.Ol.1.8	70.89768	78.52580	29.08	8.0	7.5	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	2.06	0.06
Gida.Ol.1.5	70.89768	78.52580	29.08	7.7	7.7	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-2	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.27	0.04
Gida.Ol.1.6	70.89775	78.52598	29.08	7.7	7.7	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	0	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	0.48	0.01
Gida.Ol.1.7	70.89777	78.52598	29.08	7.7	7.7	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	1.13	0.03
Gida.Ol.1.8	70.89768	78.52580	29.08	7.7	7.7	н.д.	3.5	2.5 ^{з)}	-4	6.0	<i>Nan, Ros, Fus</i>	2.04	0.06

Приложение А (продолжение)
Appendix A (continuation)

Название точки	Координаты		Дата	Температура, °С				УБВ, см ^{а)}	рН	Описание растительного покрова ^{б)}	Поток CH ₄ , мгС·м ⁻² ·ч ⁻¹		
	Широта	Долгота		Воздух	Почва на глубине h (см)						Среднее	СТО	
					0	5	15						45
Южная тундра, Yas.Ol.3 и Yas.Ol.4 – олиготрофные мочажины, 2010 год													
Yas.Ol.3.1	67.35423	78.88343	6.08	14.4	11.2	7.3	2.3	1.2 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.10	0.06
Yas.Ol.3.3	67.35425	78.88348	6.08	14.4	11.2	7.3	2.3	1.2 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.37	0.13
Yas.Ol.3.2	67.35425	78.88345	6.08	14.4	11.2	7.3	2.3	1.2 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	-0.01	0.01
Yas.Ol.3.4	67.35423	78.88350	6.08	14.4	11.2	7.3	2.3	1.2 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.88	0.14
Yas.Ol.3.1	67.35423	78.88343	7.08	13.4	9.5	5.5	3.0	1.0 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.00	0.01
Yas.Ol.3.3	67.35425	78.88348	7.08	13.4	9.5	5.5	3.0	1.0 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.00	0.01
Yas.Ol.3.2	67.35425	78.88345	7.08	13.4	9.5	5.5	3.0	1.0 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.23	0.08
Yas.Ol.3.4	67.35423	78.88350	7.08	13.4	9.5	5.5	3.0	1.0 ^{г)}	-	-	And, Rub, Sph	0.45	0.08
Yas.Ol.3.5	67.35420	78.88355	7.08	13.6	12.7	9.3	5.1	1.2 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	-0.07	0.01
Yas.Ol.3.7	67.35418	78.88357	7.08	13.6	12.7	9.3	5.1	1.2 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	0.97	0.61
Yas.Ol.3.6	67.35422	78.88355	7.08	13.7	12.7	9.3	5.1	1.2 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	-0.01	0.01
Yas.Ol.3.8	67.35418	78.88358	7.08	13.7	12.7	9.3	5.1	1.2 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	1.07	0.45
Yas.Ol.3.6	67.35422	78.88355	7.08	12.5	11.5	8.5	5.0	1.0 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	0.29	0.07
Yas.Ol.3.7	67.35418	78.88357	7.08	12.5	11.5	8.5	5.0	1.0 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	-0.01	0.01
Yas.Ol.3.8	67.35418	78.88358	7.08	12.5	11.5	8.5	5.0	1.0 ^{ж)}	-	-	And, Rub, Sph	0.45	0.28
Yas.Ol.4.0	67.35403	78.88132	7.08	12.5	6.3	6.5	6.3	2.0 ^{з)}	-	-	Mir, Rar, Fal	0.71	0.44
Yas.Ol.4.1	67.35405	78.88127	7.08	12.5	6.3	6.5	6.3	2.0 ^{з)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	0.38	0.07
Yas.Ol.4.2	67.35403	78.88132	7.08	12.5	6.3	6.5	6.3	2.0 ^{з)}	-5	5.1	Mir, Rar, Fal	1.33	0.09
Yas.Ol.4.0	67.35403	78.88132	7.08	12.5	6.0	5.5	5.8	1.5 ^{з)}	-	-	Mir, Rar, Fal	0.96	0.55
Yas.Ol.4.1	67.35405	78.88127	7.08	12.5	6.0	5.5	5.8	1.5 ^{з)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	0.39	0.14
Yas.Ol.4.2	67.35403	78.88132	7.08	12.5	6.0	5.5	5.8	1.5 ^{з)}	-5	5.1	Mir, Rar, Fal	1.19	0.35
Yas.Ol.4.1	67.35405	78.88127	8.08	10.6	8.7	7.5	7.0	7.2 ^{з)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	0.26	0.18
Yas.Ol.4.3	67.35405	78.88127	8.08	10.6	8.7	7.5	7.0	7.2 ^{з)}	-11	5.1	Mir, Rar, Fal	1.66	0.10
Yas.Ol.4.2	67.35403	78.88132	8.08	10.7	8.7	7.5	7.0	7.2 ^{з)}	-5	5.1	Mir, Rar, Fal	0.03	0.01
Yas.Ol.4.4	67.35408	78.88127	8.08	10.7	8.7	7.5	7.0	7.2 ^{з)}	-15	5.1	Mir, Rar, Fal	0.51	0.14
Yas.Ol.4.5	67.35412	78.88128	8.08	14.7	14.8	7.3	6.5	7.7 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	2.51	0.85
Yas.Ol.4.7	67.35410	78.88128	8.08	14.7	14.8	7.3	6.5	7.7 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	0.29	0.29
Yas.Ol.4.6	67.35413	78.88125	8.08	14.7	14.8	7.3	6.5	7.8 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	1.45	0.19
Yas.Ol.4.8	67.35410	78.88130	8.08	14.7	14.8	7.3	6.5	7.8 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	1.48	0.23
Yas.Ol.4.5	67.35412	78.88128	8.08	13.8	13.8	7.0	6.5	8.5 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	1.13	0.32
Yas.Ol.4.7	67.35410	78.88128	8.08	13.8	13.8	7.0	6.5	8.5 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	1.62	0.22
Yas.Ol.4.6	67.35413	78.88125	8.08	13.8	13.8	7.0	6.5	8.5 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	1.01	0.28
Yas.Ol.4.8	67.35410	78.88130	8.08	13.8	13.8	7.0	6.5	8.5 ^{и)}	0	5.1	Mir, Rar, Fal	0.11	0.01
Типичная тундра, Yas.Ol.Mch.1 – олиготрофные мочажины, 2010 год													
Yas.Ol.Mch.1.1	67.35878	78.89357	6.08	17.3	15.0	10.7	6.2	1.3 ^{к)}	0	4.5	Cha, Esh, Fal	3.18	0.22
Yas.Ol.Mch.1.3	67.35882	78.89360	6.08	17.3	15.0	10.7	6.2	1.3 ^{к)}	2	4.5	Cha, Esh, Fal	1.94	0.40
Yas.Ol.Mch.1.2	67.35880	78.89360	6.08	17.3	15.0	10.7	6.0	1.3 ^{к)}	0	4.5	Cha, Esh, Fal	1.96	0.17
Yas.Ol.Mch.1.4	67.35882	78.89360	6.08	17.3	15.0	10.7	6.0	1.3 ^{к)}	-2	4.5	Cha, Esh, Fal	3.75	0.21
Yas.Ol.Mch.1.1	67.35878	78.89357	6.08	17.8	14.5	11.0	5.2	0.5 ^{к)}	0	4.5	Cha, Esh, Fal	1.18	0.28
Yas.Ol.Mch.1.3	67.35882	78.89360	6.08	17.8	14.5	11.0	5.2	0.5 ^{к)}	2	4.5	Cha, Esh, Fal	1.32	0.15
Yas.Ol.Mch.1.2	67.35880	78.89360	6.08	17.8	14.5	11.0	5.2	0.5 ^{к)}	0	4.5	Cha, Esh, Fal	0.70	0.07
Yas.Ol.Mch.1.4	67.35882	78.89360	6.08	17.8	14.5	11.0	5.2	0.5 ^{к)}	-2	4.5	Cha, Esh, Fal	4.54	0.32

Примечания: ^{а)} Положительные и отрицательные значения отражают ситуации, когда уровень болотных вод (УБВ) ниже и выше среднего уровня поверхности мха соответственно;

^{б)} *Acu* – Carex acuta; *Aln* – Alnus glutinosa; *And* – Andromeda polifolia; *Bet* – Betula pubescens; *Cha* – Chamaedaphne calyculata; *Cla* – Cladonia sp.; *Com* – Comarum palustre; *Esh* – Eriophorum sheichzerii; *Fal* – Sphagnum fallax; *Fus* – Sphagnum fuscum; *Gla* – Salix glauca; *Glo* – Carex globularis; *Led* – Ledum palustre; *Nan* – Betula nana; *Ped* – Pedicularis labradorica; *Rar* – Carex rariflora; *Ros* – Carex rostrata; *Rub* – Rubus chamaemorus; *Sal* – Salix myrtilloides; *Sap* – Salix phylicifolia; *Squ* – Sphagnum squarrosum; *Sph* – Sphagnum sp.; *Vac* – Vaccinium vitis-idaea; *Vag* – Eriophorum vaginatum;

^{в)} Температура почвы измерялась на глубине 30 см

^{г)} Температура почвы измерялась на глубине 20 см, с глубины 25 см - вечная мерзлота.

^{д)} Температура почвы измерялась на глубине 25 см, с глубины 30 см - вечная мерзлота.

^{е)} Температура почвы измерялась на глубине 20 см, с глубины 30 см - вечная мерзлота.

^{ж)} Температура почвы измерялась на глубине 30 см, с глубины 35 см – вечная мерзлота

^{з)} Температура почвы измерялась на глубине 45 см, с глубины 50 см – вечная мерзлота

^{и)} Температура почвы измерялась на глубине 40 см, с глубины 45 см – вечная мерзлота

Прочерки в таблице означают, что либо болота в этих точках находились в высохшем состоянии, и следовательно, УБВ и рН болотной воды нельзя было определить, либо данные точки находятся на внутриболотных озерах, к которым неприменимо понятие УБВ.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабешина Л.Г., Зверев А.А. 2010. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины: фактор увлажнения // Вестник Томского Государственного Университета. № 331. С. 185-192.
- Валеева Э.И., Московченко Д.В. 2009. Зональные особенности растительного покрова Тазовского полуострова и его техногенная трансформация // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. № 9. С. 174-190.
- Глаголев М.В. 2008. Эмиссия метана: идеология и методология «стандартной модели» для Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата: Сборник научных трудов кафедры ЮНЕСКО Югорского государственного университета. Вып. 1 / Глаголев М.В., Лапшина Е.Д. (ред). Новосибирск: НГУ. С. 176-190. **Доступна также и по URL:** <http://www.ugrasu.ru/2008-sbornik/> (дата обращения: 22.05.11).
- Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырев Н.А. 2007. Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. Т. 14. № 2. С. 197-210.
- Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Казанцев В.С., Филиппов И.В., Максюттов Ш.Ш. 2010. Эмиссия метана из болотных ландшафтов тундры Западной Сибири // Вестник ТГПУ. № 3 (93). С. 78-86.
- Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Максюттов Ш.Ш. 2009. «Стандартная модель» (Ab4) эмиссии CH₄ из болот Западной Сибири // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 11. №. 1 (7). С. 1463-1467. **Доступна также и по URL:** <http://ecomodelling.ru/doc/Proceedings2009/GlagolevMV.pdf> (дата обращения 19.03.2011).
- Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К. 2010. Бюджет химических элементов в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. №2 (2). С. 72-81.
- Лапшина Е.Д. 2004. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск: Изд-во Том. ун-та. 296 с.
- Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слукса З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. 2001. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К^о. 584 с.
- Одум Ю. 1986. Экология. Том 1. М.: Мир. 328 с.
- Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижигов О.Н., Антипин Н.А. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз. 472 с.
- Романова Е.А. Растительность болот. 1985 // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука. С. 138-159.
- Романова Е.А., Быбина Р.Т., Голицина Е.Ф., Иванова Г.М., Усова Л.И., Трушников Л.Г. 1977. Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины. Масштаб 1:2 500 000. Ленинград: ГУГК.
- Точенов В.В. (ред.). 1985. Атлас СССР. Карты природы [Карты]: суммы температур воздуха за период со средней суточной температурой выше 10°C и продолжительность безморозного периода. 1:36000000, в 1 см 360 км. М.: ПКО «Картография».
- Харбух Дж., Бонэм-Картер Г. 1974. Моделирование на ЭВМ в геологии. М.: Мир.
- Эберт К., Эдерер Х. 1988. Компьютеры. Применение в химии. М.: Мир. 416 с.
- Bubier J.L., Moore T.R., Juggins S. 1995. Predicting methane emission from bryophyte distribution in Northern Canadian Peatlands // Ecology. V. 76 (3). P. 677-693.
- Cicerone R.J., Shetter J.D. 1981. Sources of Atmospheric Methane: Measurements in Rice Paddies and a Discussion // J. Geophys. Res. V. 86. P. 7203-7209.
- Dise N.B., Gorham E., Verry E.S. 1993. Environmental Factors Controlling Methane Emissions from Peatlands in Northern Minnesota // Journal of Geophysical Research. V. 98. No. D6. P. 10583-10594.
- Fiore, A. M., Jacob D. J., Field B. D., Streets D. G., Fernandes S. D., and Jang C. 2002. Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane. Geophys. Res. Lett. 29 (19). 1919. DOI:10.1029/2002GL015601.
- Glagolev M.V. 1998. Modeling of Production, Oxidation and Transportation Processes of Methane // Global Environment Research Fund: Eco-Frontier Fellowship (EFF) in 1997. Tokyo: Environment Agency. Global Environment Department. Research & Information Office. P. 79-111.
- Hutchinson G. L., Mosier A. R. 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous-oxide fluxes // Soil Sci. Soc. Am. J. V. 45. P. 311-316.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis / Ed. by J.T. Houghton et al. New York : Cambridge Univ. Press.
- Jones R.L., Pyle J.A. 1984. Observations of CH₄ and N₂O by the Nimbus 7 SAMS: A comparison with in situ data and two-dimensional numerical model calculations // J. Geophys. Res. No. 89. P. 5263-5279.
- Mikaloff Fletcher S.E., Tans P.P., Bruhwiler L.M., Miller J.B., Heimann M. 2004. CH₄ sources estimated from atmospheric observations of CH₄ and ¹³C/¹²C isotopic ratios: 1. Inverse modeling of source processes // Global Biogeochemical Cycles. V. 18. GB4004. Doi:10.1029/2004GB002223.
- Nakayama T. 1995. Estimation of methane emission from Siberian tundra wetlands // Proceedings of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1994. Sapporo: iWORD. P. 31-36.
- Pelletier L., Moore T.R., Roulet N.T., Garneau M. and Beaulieu-Audy V. 2007. Methane fluxes from three peatlands in the La Grande Riviere watershed, James Bay lowland, Canada // J. Geophys. Res. V. 112. G01018. DOI: 10.1029/2006JG000216.
- Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N. 2008. Map-based inventory of wetland biomass and net primary production in western Siberia // J. Geophys. Res. V. 113. G011007. DOI:10.1029/2007JG000441.
- Treat C.C., Bubier J.L., Varner R.K., Crill P.M. 2007. Timescale dependence of environmental and plant-mediated controls on CH₄ flux in a temperate fen. // Journal of Geophysical Research. V. 112. G01014. DOI: 10.1029/2006JG000210. URL: <http://glovis.usgs.gov>. 07.04.10. (дата обращения: 08.04.10).
- Van Duren I.C., Pegtel D.M. 2000. Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results // Plant and Soil. № 220. P. 35-47.
- Verhoeven J.T.A., Schmitz M.B. 1991. Control of plant growth by nitrogen and phosphorus in mesotrophic fens // Biogeochemistry. V. 12. № 2. 135-148. DOI: 10.1007/BF00001811.
- Whalen S.C., Reeburgh W.S. 1992. Interannual variations in tundra methane emissions: a 4-year time series at fixed sites // Global Biogeochemical Cycles. V. 6. P. 139-159.

CH₄ EMISSION FROM WEST SIBERIA TUNDRA MIRES

Sabrekov A.F., Glagolev M.V., Kleptsova I.E., Maksyutov S.S.

Beside carbon dioxide and water vapor, methane is one of the most important greenhouse gases. Mires are the largest natural source of methane. West Siberia tundra zone gains the especial importance in this regard as the greatly paludified region with the mire area of 29% of this territory. Nevertheless, the information about methane fluxes in tundra is still incomplete and need to be advanced. For this purpose detailed investigation of methane emission at 2 key sites in West Siberia tundra zone was organized. About 300 methane emissions varied from small negative values to several mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹ were measured by a static chamber method.

It was confirmed that frozen hillocks, bogs and shallow ponds had the lowest methane fluxes (1st/2nd/3rd quartiles are -0.04 / 0.01 / 0.07 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹ for frozen hillocks, -0.01 / 0.03 / 0.28 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹ for bogs and 0.15 / 0.27 / 0.57 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹ for ponds). Larger emissions were character for fens (0.76 / 0.96 / 1.53 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹) and poor fens (0.41 / 1.42 / 3.38 mgC-CH₄·m⁻²·h⁻¹). Maximal rate of methane emission were observed in peat mats (0.99 / 2.42 / 3.24 mgC·m⁻²·h⁻¹).

Cluster analysis was used to reveal the main ecological factors influencing on the methane emission. As a result, 5 classes distinguished by water table level, trophicity and the peat layer strength were described. Water table level and peat layer strength accounted for the most variability inside the clusters while trophicity affects the most between ones. Analysis makes possible the detection of probably degrading wetlands with the unfavorable conditions for methanogenesis, too.

All emission data were generalized into the spatial emission model (the model is based upon a fractional area coverage map of mire micro-landscapes, methane flux probability distributions for each micro-landscape type and methane emission period). Version Bc8 of this model estimates methane flux from West Siberia tundra mires at 110 kTC-CH₄·yr⁻¹ that accounts for about 4% of the total methane emission from all West Siberia mires. Fens were revealed as the most significant methane source from tundra mires contributing for about 99% of the regional flux from this territory. Unfavorable thermal conditions, short period of biological activity, shallow permafrost bedding and low peat layer strength appear to be the reasons for such insignificant role of tundra mires.

Key words: methane emission, tundra, West Siberia, mires.

Поступила в редакцию: 22.04.2011
Переработанный вариант: 08.06.2011