

## **ЭМИССИЯ $\text{CH}_4$ В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ: «СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ» Аа3**

**Казанцев В.С., Глаголев М.В.**  
*m\_glagolev@mail.ru*

### **Введение**

В тундровой и лесотундровой зонах в условиях вечной мерзлоты заболачивание автохтонное: болота существуют на месте их формирования и не распространяются вширь. В таежной же зоне, где преобладают олиготрофные сфагновые болота, автохтонное заболачивание уже в начале голоцена сменилось активным аллохтонным, и в современный период заболачивание суши здесь происходит главным образом вследствие расширения растущих сфагновых болот в стороны. При этом наиболее интенсивное заболачивание протекает в северотаежных лесах и в северной половине средней тайги (к югу этот процесс постепенно замедляется) [Лисс, 2001: с. 398-399]. Таким образом, в проблематике метана, как парникового газа, очень важную задачу представляет собой исследование эмиссии  $\text{CH}_4$  именно в подзоне северной тайги, как региона с наибольшей скоростью заболачивания.

Однако подобные измерения в подзоне северной тайги до сих пор были весьма немногочисленны и на их основе нельзя было дать сколь-нибудь надежные оценки как современной эмиссии с региона, так и ожидаемой в будущем при дальнейшем заболачивании (и вообще в условиях возможного глобального изменения климата).

Целью нашей работы явилось попытаться, все же, такие оценки выработать (хотя пока лишь для северной тайги региона Западной Сибири). В связи с этим основными задачами явились: 1) анализ и обобщение литературных данных по эмиссии метана в лесотундре, 2) проведение собственных измерений эмиссии, 3) объединение разнородной информации по эмиссиям в рамках концепции «стандартной модели» (об этой концепции см. работу Глаголева М.В. «Эмиссия метана: идеология и методология...» в настоящем сборнике).

### **Объекты и методы исследования**

Объектами нашего исследования служили болотные экосистемы расположенные в зоне северной тайги Западной Сибири в окрестностях г. Ноябрьска. В данной подзоне мы проводили измерения на болотах пяти различных типов (14 исследовательских полигонах):

- Грядово-мочажинный комплекс (ГМК) – 3 полигона.
- Рям, прилегающий к ГМК – 1 полигон.

**Таблица 1**  
Эмиссия  $\text{CH}_4$  в северной тайге Западной Сибири из олиготрофных  
мочажин

Точка	Координаты		Дата	Эмиссия CH <sub>4</sub> (мг·м <sup>-2</sup> ·час <sup>-1</sup> )	
	Широта	Долгота		Среднее	Погрешность
Мочажина в олиготрофном плоско-бугристом болоте					
“Site 2, Hollow ( <i>Sphagnum</i> )” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.0975	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0.945	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.5025	н.д.
“Site 3, Hollow ( <i>Sphagnum</i> )” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.8925	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0.6525	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.1725	н.д.
Мочажина в олиготрофном ГМОК					
“Site 1, Hollow ( <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> )” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	1.2375	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	1.1625	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.855	н.д.
Крупная мочажина в олиготрофном высоко-бугристом ГМОК					
T.No.GMOK.H.1	63°5,6556′	74°18,087′	16.08.08	2.7075	0.226
T.No.GMOK.H.1	63°5,6556′	74°18,087′	16.08.08	2.415	0.202
T.No.GMOK.H.1	63°5,6556′	74°18,087′	16.08.08	2.9925	0.249
Мелкая мочажина в олиготрофном ГМК					
T.No.GOK.H	63°42,5323′	75°14,9466′	07.09.07	4.032	0.708
T.No.GOK.H	63°42,5323′	75°14,9466′	07.09.07	0.720	0.191
Мочажина в олиготрофном ГМК					
T.No.GMK.H.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	2.768	0.231
T.No.GMK.H.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	3.150	0.263
T.No.GMK.H.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	2.325	0.194
Обводнённая крупная мочажина в олиготрофном ГМК					
T.No.GMK.M.2	63°7,1214′	74°29,1762′	15.08.08	1.26	0.105
T.No.GMK.M.2	63°7,1214′	74°29,1762′	15.08.08	1.245	0.201
T.No.GMK.M.2	63°7,1214′	74°29,1762′	15.08.08	2.535	0.212
T.No.GMK.M.2	63°7,1214′	74°29,1762′	15.08.08	3.4575	0.288

<i>Обводнённая мочажина в олиготрофном плоскобугристо-озёрном комплексе</i>						
T.No.FPL.M.1	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	4.725	0.358	
T.No.FPL.M.1	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	6.795	0.500	
T.No.FPL.M.1	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	5.9475	0.451	
T.No.FPL.M.1	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	5.685	0.418	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	4.8975	0.371	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	3.9375	0.281	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	5.07	0.384	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	2.7975	0.200	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	2.7075	0.205	
T.No.FPL.M.2	63°47,726 ´	74°32,839 ´	17.08.08	2.8275	0.215	

- Грядово-мочажинно-озёрковый комплекс (ГМОК) – 4 полигона, из которых один располагался в озере.
- Плоскобугристо-озёрный комплекс – 3 полигона.
- Ерниково-травяно-моховые мезотрофные болота – 3 полигона.

На каждый из полигонов приходилось от двух до восьми точек измерения. При изучении ГМК и ГМОК точки располагались как на возвышениях рельефа, так и в понижениях.

Методы исследования совершенно аналогичны методам, описанным в статье И.Е. Клепцовой с соавт., опубликованной в настоящем сборнике.

**Таблица 2**

Эмиссия  $\text{CH}_4$  в северной тайге Западной Сибири из озер и мезотрофных болот

Точка	Координаты		Дата	Эмиссия СН <sub>4</sub> (мг·м <sup>-2</sup> ·час <sup>-1</sup> )	
	Широта	Долгота		Среднее	Погрешность
Обводненная мочажина в мезо-олиготрофном болоте					
“Site 4, Waterlogged depression” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.6075	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	1.125	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.42	н.д.
Кочка в мезо-олиготрофном болоте					
“Site 4, Hillock	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.825	н.д.

(S. fuscum, shrubs)'' [Naumov, 2001]	63°30 ´	75°30 ´	20.08-27.08.1999	1.05	н.д.
	63°30 ´	75°30 ´	21.09-27.09.1999	0.645	н.д.
<i>Кочка в мезотрофном ерниково-травяно-моховом болоте</i>					
T.No.Fen.2	63°12,899 ´	76°24,039 ´	19.08.08	44.895	11.88
T.No.Fen.2	63°12,899 ´	76°24,039 ´	19.08.08	0.975	1.469
<i>Межкочье в мезотрофном ерниково-травяно-моховом болоте</i>					
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	3.0825	0.257
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	6.7125	0.560
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	4.6425	0.386
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	2.6625	0.222
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	6.2475	0.521
T.No.Fen.1	63°12,828 ´	76°23,864 ´	19.08.08	9.7425	0.716
T.No.Fen.3	63°12,855 ´	76°24,007 ´	19.08.08	12.8175	1.068
T.No.Fen.3	63°12,855 ´	76°24,007 ´	19.08.08	10.6275	0.886
<i>Озеро в олиготрофном высоко-бугристом ГМОК</i>					
T.No.GMOK.Ls.1	63°5,6556 ´	74°18,087 ´	16.08.08	3.12	0.276
T.No.GMOK.Ls.1	63°5,6556 ´	74°18,087 ´	16.08.08	3.4275	0.286
T.No.GMOK.Ls.1	63°5,6556 ´	74°18,087 ´	16.08.08	1.395	0.291
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	2.355	6.571
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	0.0825	0.056
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	0.1575	0.060
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	0.12	0.012
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	0.0675	0.035
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	0.915	0.290
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	2.295	0.815
T.No.GMOK.Ls.2	63°5,666 ´	74°18,066 ´	16.08.08	46.29	4.629

В качестве погрешностей измерения потоков рассчитывались средневзвешенные стандартные отклонения (веса брались обратно пропорциональными дисперсиям измерений концентраций, но принималось, что относительная погрешность не может быть меньше 3% от величины потока, а абсолютная погрешность - менее 0.008 мгС/м<sup>2</sup>/час).

Таблица 3

Эмиссия  $\text{CH}_4$  в северной тайге Западной Сибири из гряд, рямов и мерзлых бугров

Точка	Координаты		Дата	Эмиссия $\text{CH}_4$ ( $\text{мг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{час}^{-1}$ )	
	Широта	Долгота		Среднее	Погрешность
Мерзлые бугры					
“Site 2, <i>S. fuscum</i> ” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.33	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	-0.045	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.0075	н.д.
“Site 2, <i>C. rangiferina</i> ” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	-0.3375	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	-0.5475	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0	н.д.
“Site 3, <i>S. fuscum</i> ” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	-0.1575	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.015	н.д.
“Site 3, <i>C. rangife- rina</i> ” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0.0075	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.0075	н.д.
“Site 3, <i>S. fuscum</i> , shrubs” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.3	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0.6225	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0.015	н.д.
T.No.GMOK.Pal.3	63°5,666′	74°18,066′	16.08.08	-0.12	0.010
T.No.GMOK.Pal.3	63°5,666′	74°18,066′	16.08.08	-0.07	0.020
T.No.GMOK.Pal.3	63°5,666′	74°18,066′	16.08.08	0.01	0.020
Гряды в олиготрофном ГМОК					
“Site 1, <i>S. fuscum</i> ”	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	0.87	н.д.

[Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0.0075	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	0	н.д.
“Site 1, <i>C. rangiferina</i> ” [Naumov, 2001]	63°30′	75°30′	29.07-6.08.1999	1.8225	н.д.
	63°30′	75°30′	20.08-27.08.1999	0	н.д.
	63°30′	75°30′	21.09-27.09.1999	-0.0075	н.д.
<i>Гряда в олиготрофном ГМК</i>					
T.No.GOK.R	63°42,5323′	75°14,9466′	07.09.07	-0.028	0.047
T.No.GOK.R	63°42,5323′	75°14,9466′	07.09.07	0.070	0.091
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	-0.18	0.008
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	0.045	0.093
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	-0.03	0.017
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	-0.2025	0.008
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	-0.225	0.008
T.No.GMK.R.1	63°7,195′	74°29,15′	15.08.08	-0.0825	0.008
<i>Гряда в олиготрофном плоскобугристо-озёрном комплексе</i>					
T.No.FPL.Pal.3	63°47,726′	74°32,839′	17.08.08	-0.0225	0.008
T.No.FPL.Pal.3	63°47,726′	74°32,839′	17.08.08	0	0.014
T.No.FPL.Pal.3	63°47,726′	74°32,839′	17.08.08	11.6025	0.967
<i>Кочка в олиготрофном ряме</i>					
T.No.GMK.Ry.3	63°7,2138′	74°29,112′	15.08.08	0.2625	0.024
T.No.GMK.Ry.3	63°7,2138′	74°29,112′	15.08.08	0.99	0.869
T.No.GMK.Ry.3	63°7,2138′	74°29,112′	15.08.08	2.085	0.383

## Результаты и обсуждение

Результаты наших измерений эмиссии метана и некоторые литературные данные приведены в табл. 1, 2 и 3.

Объединение всей доступной нам информации по эмиссии метана в лесотундре, т.е. объединение данных табл. 1, 2 и 3 дает распределения потоков, имеющие следующие статистические показатели (размерности всех величин -  $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ ) для

1. БУГРОВ: медиана = 0.008, 1-ая квартиль = -0.062, 3-я квартиль = 0.015;
2. РЯМОВ, ГРЯД ГМК и ГМОК: 0.000, -0.029, 0.414;
3. ОЛИГОТРОФНЫХ НЕОБВОДНЕННЫХ МОЧАЖИН: 1.163, 0.720, 2.708;
4. ОЛИГОТРОФНЫХ ОБВОДНЕННЫХ МОЧАЖИН: 3.698, 2.730, 5.027;
5. МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТ: 2.873, 0.938, 7.470;
6. ОЗЕР: 1.395, 0.139, 2.738;

(все перечисленные значения считаются относящимися не ко всему году, а лишь к «периоду эмиссии метана», продолжительность которого принимается равной 138 суток).

Эти распределения используются нами в «стандартной модели» АаЗ эмиссии метана на территории Западной Сибири для характеристики потока вообще из всех болот северной тайги.

Несмотря на то, что измерения в рямах нами проводились, очевидно, что пока еще данных недостаточно для того, чтобы можно было приписать рямам обоснованную индивидуальную оценку эмиссии. Как это и предлагается в [Peregon *et al.*, 2005] мы объединили рямы с грядами, но одной из насущных задач исследований ближайшего будущего должно стать определение эмиссии метана собственно из рямов.

Если объединить обводненные и необводненные олиготрофные мочажины то будем иметь медиану = 2.708, 1-ую квартиль = -1.054 и 3-ю квартиль = 3.698  $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ . Однако вряд ли можно проводить такое объединение чисто механически, поскольку оно означало бы, что мы считаем соотношение площадей, занимаемые обводненными и необводненными олиготрофными мочажинами в подзоне северной тайги Западной Сибири пропорциональным соотношению количества наших измерений в них (14:17). Вероятно, это не соответствует действительности – суммарная площадь необводненных мочажин представляется значительно больше, чем обводненных.

И последнее замечание сделаем об эмиссии из внутриболотных озер. По сравнению с предыдущей серией «стандартной модели» именно эмиссия из озер северной тайги изменилась наибольшим образом. Это объясняется тем, что ранее характерная эмиссия  $\text{CH}_4$  из озер этой подзоны задавалась не по экспериментальным данным, полученным непосредственно здесь – в северной тайге, а по результатам

статистического моделирования и усреднения экспериментальных данных для озёр соседних зон: лесотундры и средней тайги.

### **Благодарности**

Мы выражаем благодарность всем участникам экспедиций, получившим данные 2007 и 2008 гг. в экспедициях под руководством одного из авторов (и особенно мы благодарны учебному мастеру факультета Почвоведения МГУ Шныреву Н.А.). Особую благодарность хотелось бы выразить к.ф.-м.н. Ш.Ш. Максютову, оказавшему неоценимую помощь в организации экспедиций 2007 и 2008 гг.

### **Список литературы**

Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слукa З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. 2001. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – Тула: Гриф и К<sup>о</sup> – 584 с.

Naumov A.V. 2001 // Материалы международного полевого симпозиума “Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее” (г. Ноябрьск, 18-22 августа 2001 г.) / Васильев С.В., Титлянова А.А., Величко А.А. (ред.). – Новосибирск: ООО «Агенство Сибпринт». – с. 110-112.

Peregona A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N., Tamura M., Inoue G. 2005 // *Phyton* (Austria), Spec. issue: «APGC 2004». 45(4).

## **CH<sub>4</sub> EMISSION IN THE NORTH TAIGA SUBZONE: “STANDARD MODEL” Aa3**

**Kazantsev V.S., Glagolev M.V.**  
*m\_glagolev@mail.ru*

*The paper presents experimental data (methane fluxes in North Taiga) which are the components of “standard model” Aa3. The medians of methane fluxes (mgC·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) are: for palså – 0.008, for ridges (of ridge-hollow complexes) and ryams – 0.000, for oligotrophic hollows – 1.163, for peat mats – 3.698, for poor fens – 2.873 and for lakes – 1.395. All abovementioned values relate only to “period of methane emission” which is 138 days in North Taiga.*