

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН»

International Peat Society

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сибирский федеральный научно-клинический центр
Федерального медико-биологического агентства»

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

Материалы Третьей международной
научно-практической конференции

27 сентября — 3 октября 2015 года,
г. Томск, Россия

Томск
2015

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ФАКТОР ПРОДУКЦИИ МЕТАНА В МОДЕЛИ WEMEM

TEMPERATURE AS A METHANE PRODUCTION CONTROL IN THE WEMEM MODEL

**Глаголев М. В.^{1,2,3}, Сабреков А. Ф.³, Терентьева И. Е.², Максютов Ш. Ш.⁴
Glagolev M. V.^{1,2,3}, Sabrekov A. F.³, Terentieva I. E.², Maksyutov S. S.⁴**

¹ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

² Томский государственный университет, Томск, Россия

³ Институт лесоведения РАН, пос. Успенское (Московская обл.), Россия

⁴ National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, m_glagolev@mail.ru

² National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, kleptsova@gmail.com

³ Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Uspenskoe (Moscow region), Russia, sabrekovaf@gmail.com

⁴ National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, shamil@nies.go.jp

Предложена температурная зависимость, позволяющая адекватно описывать скорость продукции метана в экосистемах, расположенных в широком спектре природных зон от тропиков до субарктики. Эту зависимость предполагается в дальнейшем использовать в разрабатываемой нами математической модели WeMEM для расчета регионального потока метана из болот России и в глобальном масштабе.

Ключевые слова: болота, эмиссия метана.

In this study, we suggest the temperature dependence, which allows to reliably describe methane production from subtropical to subarctic wetlands. We suppose to use obtained dependence in the WeMEM model, developing for estimating the regional methane emission from Russian and global wetlands.

Key words: wetlands, methane emission

Болота являются одним из наиболее важных источников атмосферного метана, обуславливая 20–30% его глобальной эмиссии (Cao et al., 1996). Одним из возможных путей оценки и предсказания эмиссии метана является использование математических моделей (Cao et al., 1995). Но простые эмпирические соотношения, к сожалению, обычно показывают неудовлетворительные результаты при переходе от отдельных сайтов и экосистем на региональный уровень (Glagolev et al., 2008). Лучшие результаты могут дать модели, учитывающие физические и биологические процессы цикла метана, однако чтобы применять такие модели в региональном и, тем более, глобальном масштабе, необходимо использовать в них параметризации, адекватно работающие в самых разных климатических условиях.

Ранее нами (Глаголев, 2010) на основе моделей MEM и WMEM (Cao et al., 1995; 1996) была разработана математическая модель WeMEM (Wetland Methane Emission Model), предназначенная для описания эмиссии метана из болот. Целью настоящей работы было: найти такие коэффициенты температурной зависимости скорости образования метана, входящей в WeMEM, которые бы адекватно описывали продукцию в широком спектре природных зон.

Температурный фактор продукции метана в WeMEM. Полное описание модели и текст ее реализации в виде программы на языке MATLAB был приведен ранее в (Глаголев, 2010). Скорость образования CH_4 (MPR, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot\text{час}^{-1}$) задается простым со-

отношением: $MPR = CSR \cdot P_m \cdot F1 \cdot F2$, где CSR ($\text{мгС} \cdot \text{см}^{-3} \cdot \text{час}^{-1}$) — скорость поступления простых углеродсодержащих субстратов метаногенеза в почву; P_m — доля углерода субстрата, идущего на образование CH_4 в оптимальных гидротермических условиях; $F1$ и $F2$ — множители, отражающий уменьшение скорости метанобразования в реальных условиях, не оптимальных соответственно, по температуре и увлажнению (вычисление $F2$ было подробно описано ранее в [Глаголев, 2012]). Для $F1$ в свое время была выбрана зависимость, предложенная О'Нейлом и др. (Страшкраба и Гнау, 1989) для описания влияния изменений температуры на фотосинтез: $F1(T) = S^X \cdot \exp[X \cdot (1 - S)]$ при $T < T_{\max}$ и $F1(T) = 0$ при $T \geq T_{\max}$, где $S = (T_{\max} - T)/T_{\Delta}$; $X = Y^2 \cdot (1 + [1 + a/Y]^{1/2})^2/b$; T_{\max} — максимальная температура (при которой скорость процесса

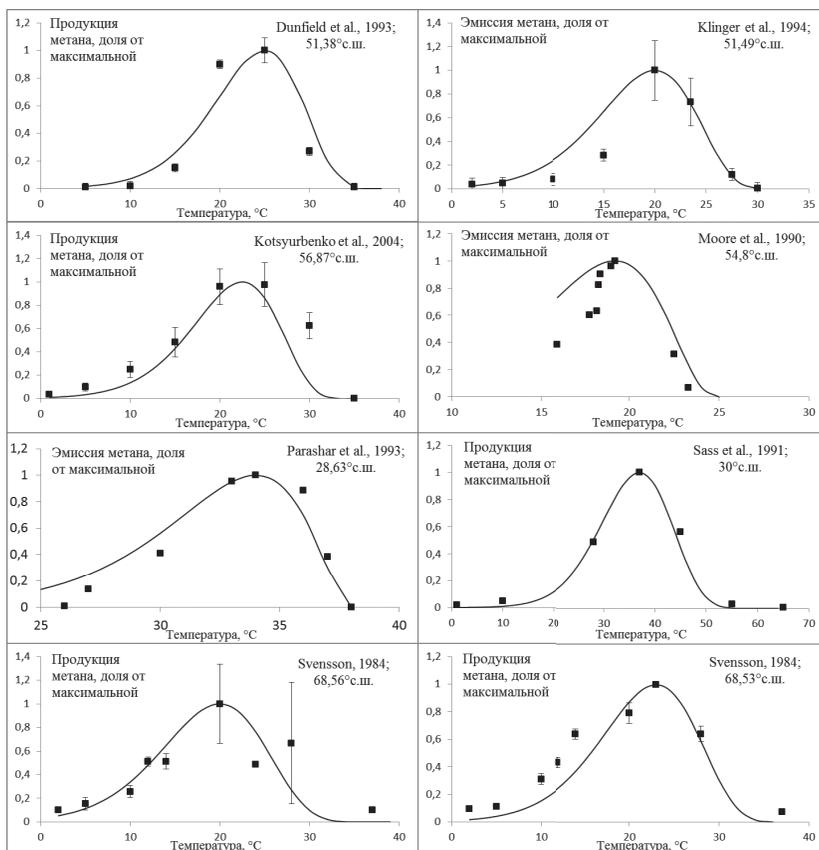


Рис. 1. Температурный фактор (F1), заданный по О'Нейлу, для различных природных зон (точки — экспериментальные данные; кривая — расчет).

падает до нуля); a и b — параметры, равные, соответственно, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $400\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ в исходной модели О'Нейла (для фотосинтеза) и подбираемые в настоящей работе (для метаногенеза). Здесь $T_{\Delta} = (T_{\max} - T_{\text{opt}})$; $Y = \ln(Q_{10}) \cdot T_{\Delta}$; T_{opt} — оптимальная температура (при которой интенсивность процесса достигает максимума); Q_{10} — параметр, показывающий, во сколько раз возрастает скорость процесса при повышении температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в данной модели — только в области низких температур).

Для идентификации параметров a и b мы использовали собственные (Kotsyurbenko et al., 2004) и литературные данные (Svensson, 1984; Moore et al., 1990; Sass et al., 1991; Dunfield et al., 1993; Parashar et al., 1993; Klinger et al., 1994) об интенсивности метаногенеза при разных температурах в различных природных зонах (рисунок 1).

При значениях $a = 590\text{ }^{\circ}\text{C}$, $b = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}^2$, $Q_{10} = 2$ температурная зависимость достаточно хорошо описала практически все (может быть, лишь за одним исключением) использованные нами экспериментальные данные — см. рисунок 1. При этом, как видно из подписей осей ординат, мы использовали экспериментальные данные как непосредственно по продукции метана, так и по его эмиссии. В этом нет ошибки (с точки зрения WeMEM), поскольку в модели отдельно не задается температурная зависимость окисления CH_4 , а эмиссия рассчитывается как продукция, уменьшенная на некоторую долю, определяемую лишь гидрологическими, но не температурными условиями. В принципе, даже такая простая зависимость позволила получить адекватное описание эмиссии для конкретного местообитания в Западной Сибири (Глаголев, 2010), но тщательная проверка этого положения должна быть осуществлена в будущем, прежде чем WeMEM будет использована для расчета регионального потока метана из болот России и в глобальном масштабе.

Литература

- Глаголев М. В. 2010. Эмиссия CH_4 болотными почвами Западной Сибири: От почвенного профиля — до региона: дис. ... канд. биол. наук. М. 211 с.
- Глаголев М. В. 2012. Высокий уровень стояния воды может снижать эмиссию метана из почвы // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. № 1 (5). С. 1–10.
- Страшкраба М., Гнаука А. 1989. Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование. М.: Мир. 376 с.
- Caο M., Dent J. B., Heal O. W. 1995. Modeling methane emissions from rice paddies // Global Biogeochemical Cycles. V. 9. P. 183–195.
- Caο M., Marshall S., Gregson K. 1996. Global carbon exchange and methane emissions from natural wetlands: Application of a process-based model // Journal of Geophysical Research. V. 101. No. D9. P. 14399–14414.
- Dunfield P., Knowles R., Dumont R., Moore T. R. 1993. Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils: response to temperature and pH // Soil Biol. Biochem. V. 25. P. 321–326.
- Glagolev M. V., Golovatskaya E. A., Shnyrev N. A. 2008. Greenhouse Gas Emission in West Siberia // Contemporary Problems of Ecology. V. 1. No. 1. P. 136–146.
- Klinger L. F., Zimmerman P. R., Greenberg J. P., Heidt L. E., Guenther A. B. 1994. Carbon trace gas fluxes along a successional gradient in the Hudson Bay lowland // Journal of Geophysical Research. V. 99. P. 1469–1494.
- Kotsyurbenko O. R., Chin K.-J., Glagolev M. V., Stubner S., Simankova M. V., Nozhevnikova A. N., Conrad R. 2004. Acetoclastic and hydrogenotrophic methane production and methanogenic populations in an acidic West-Siberian peat bog // Environmental Microbiology. V. 6. No. 11. P. 1159–1173.
- Moore T., Roulet N., Knowles R. 1990. Spatial and temporal variations of methane flux from subarctic/northern boreal fens // Global Biogeochemical Cycles. V. 4. P. 29–46.

Parashar D. C., Gupta P. K., Rai J., Sharma R. C., Singh N. 1993. Effect of soil temperature on methane emission from paddy fields//Chemosph. V. 26. P. 247–250.

Sass R. L., Fisher F. M., Turner F. T., Jund M. F. 1991. Methane emission from rice fields as influenced by solar radiation, temperature, and straw incorporation//Global Biogeochemical Cycles. V. 5. P. 335–350.

Svensson B. H. 1984. Different Temperature Optima for Methane Formation When Enrichments from Acid Peat Are Supplemented with Acetate or Hydrogen//Applied and Environmental Microbiology. V. 48. P. 389–394.