

УДК 502.057; 502.501

Временная изменчивость эмиссии метана из верхового болота Западной Сибири

Е.Э. Веретенникова^{1, 2}, Е.А. Дюкарев^{1, 3}, И.В. Курьина^{1*}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

²Сибирский государственный медицинский университет
634050, г. Томск, Московский тракт, 2

³Югорский государственный университет
628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 12

Поступила в редакцию 20.10.2021 г.

Анализируется сезонная изменчивость эмиссии CH_4 с поверхности олиготрофного антропогенно нарушенного болота в Западной Сибири (юг Томской обл.). Измерения потоков CH_4 проводились камерно-статическим методом. Результаты исследований показали, что эмиссия CH_4 сильно варьировалась (–0,07–4,40 мг/(м² · ч), а рассчитанный общий поток CH_4 с поверхности болота для каждого года вегетации изменялся от 0,99 до 2,94 г · м⁻². Сезонная динамика потоков CH_4 характеризуется летним максимумом и тесно связана с температурой торфа. Корреляция между эмиссией метана и температурой торфа, изменяющаяся с глубиной по экспоненциальному закону, составляет 81–95%. В целом результаты наших исследований демонстрируют важность изучения эмиссии CH_4 с поверхности болот, подвергающихся техногенной нагрузке. Проведение комплексных мониторинговых исследований позволит внести больше ясности в оценку вклада болот подобного типа в глобальные процессы.

Ключевые слова: Западная Сибирь, олиготрофное болото, эмиссия метана, температура торфяной залежи; Western Siberia, oligotrophic bog, methane emission, temperature of peat deposits.

Введение

Одно из приоритетных направлений современной науки – исследование и прогнозирование изменений климата, которые обусловлены увеличением содержания в атмосфере Земли парниковых газов. Метан (CH_4) – важный парниковый газ земной атмосферы, его вклад в парниковый эффект составляет ~30% от величины, принятой для диоксида углерода (CO_2) [1]. По современным оценкам, доля болотных экосистем в эмиссию CH_4 в атмосферу составляет 61–82% [2]. Таким образом, они являются главным естественным источником метана.

За последние 20 лет при растущем количестве измерений потоков CO_2 и CH_4 на естественных болотах в нашей стране крайне мало данных по антропогенно нарушенным торфяникам (например, [3–5]). Недостаток данных о влиянии осушения и хозяйственного использования торфяников на потоки парниковых газов является наибольшей проблемой, поскольку до конца не ясно, какой вклад торфяники подобного типа вносят в изменчивость потоков углеродсодержащих газов на фоне глобального изменения климата [6]. Принято считать, что нарушенные торфяники – это «нулевые»

источники CH_4 или даже слабые его поглотители, но имеются и противоположные данные, свидетельствующие о наличии эмиссии с поверхности таких болот [7–10]. Вышесказанное подчеркивает необходимость учета CH_4 при оценке баланса парниковых газов на антропогенно нарушенных болотах.

Западная Сибирь – один из крупнейших регионов планеты. Болота занимают 27% ее площади, поэтому, бесспорно, значение болотных экосистем для региона велико, а их изучение актуально. Большая часть натуральных измерений эмиссии CH_4 выполнялась на естественных болотах (например, [3, 11–14]), в то время как антропогенно измененные торфяники изучены мало. Можно отметить лишь работу [9], в которой проводятся исследования потоков парниковых газов с поверхности болот на юге Томской обл., осушенных для сельского хозяйства и освоенных для добычи торфа.

Цель настоящей работы – оценка эмиссии CH_4 с поверхности антропогенно нарушенного болота и влияния основных факторов на ее интенсивность в течение теплого периода года.

Объекты и методы исследования

Мы изучали потоки CH_4 с поверхности олиготрофного болота на левом берегу р. Томи (территория Обь-Томского междуречья), на аллювиальных отложениях ее второй надпойменной террасы,

© Веретенникова Е.Э., Дюкарев Е.А., Курьина И.В., 2022

* Елена Эдуардовна Веретенникова (lena2701@yandex.ru); Егор Анатольевич Дюкарев (dekot@mail.ru); Ирина Владимировна Курьина (irina.kuryina@yandex.ru).

в 3,5 км на запад от г. Томска и 2 км на юго-запад от пос. Тимирязево (56°26'23" с.ш., 84°50'04" в.д.). Это небольшое по площади изолированное болото, расположенное в ложбине древнего стока, с мощностью торфяной залежи от 4,5 до 6,0 м внешне ничем не отличается от болот, находящихся в естественных условиях. Поэтому оно хорошо подходит для проведения исследований и может использоваться в качестве модельного объекта для прогноза долговременного отклика на климатические изменения.

Экологическая ситуация на Обь-Томском междуречье складывается благодаря целому комплексу трансформирующих факторов, среди которых наиболее существенным является введение в строй Томского водозабора для эксплуатации месторождения подземных вод. Исследуемое болото примыкает к зоне влияния первой очереди Томского водозабора подземных вод, поэтому подвергается техногенным нагрузкам. Это приводит к изменению условий водного питания ландшафтов исследуемой территории, уменьшению влажности торфа, уплотнению сложения торфяной залежи [15]. Современный растительный покров представлен низкорослой сосной (средняя высота древостоя — 3–4 м), кустарничковым ярусом: багульник болотный, кассандра болотная, подбел обыкновенный, голубика обыкновенная, клюква мелкоплодная. В моховом покрове доминируют (95%) сфагновые мхи. Травяной ярус развит слабо (проективное покрытие — 5%), представлен пушицей влагалищной, морошкой, росянкой круглолистной.

Полевые измерения потоков CH_4 проводились в 2011–2014 гг. в вегетационные сезоны (с мая по сентябрь) ежемесячно с периодичностью раз в неделю в дневное время (10:00–13:00). Для измерения потоков CH_4 был использован камерно-статический метод [16]. Для этого на болоте был выбран участок, практически полностью покрытый сфагнумом бурым, рядом с местом измерения температуры и уровня болотных вод (УБВ), на котором устанавливались три непрозрачные цилиндрические камеры объемом 16,6 л на основания площадью 590 см^2 с канавкой для гидроизоляции. Основания предварительно закладывали в торф на глубину 20 см каждый год в мае, за несколько дней до начала эксперимента. Перемешивание в камере осуществлялось электровентилятором. Пробы воздуха из камер отбирались пластиковым шприцом объемом 1 мл, трижды сразу после установки камеры на основание и трижды через 30 мин после начала экспозиции (и так в каждой камере). Полученные значения эмиссии для трех камер впоследствии усреднялись.

Изменение концентрации CH_4 (dC , $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) в камере рассчитывали по формуле

$$dC = C_0 \cdot dX \cdot P \cdot M / (RT),$$

где $C_0 = 0,001 \cdot \text{мг}/(\text{г} \cdot \text{млн}^{-1})$ — константа; P — атмосферное давление, Па; dX — скорость изменения объемной концентрации CH_4 в камере, $\text{млн}^{-1}/\text{ч}$; M — молярная масса CH_4 , 16,04 г/моль; R — уни-

версальная газовая постоянная, 8,31 Дж/(моль · К); T — температура воздуха в камере, К. Величину удельного потока (скорость эмиссии) CH_4 ($\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) рассчитывали по формуле

$$F = dC \cdot V / S,$$

где S — площадь основания камеры, м^2 ; V — объем камеры, м^3 . Для определения объемной концентрации CH_4 использовали газовый хроматограф Shimadzu GC-14B с пламенно-ионизационным детектором при следующих условиях: газ-носитель — гелий, набивная колонка — Carboxen-1000 диаметром 2,1 мм и длиной 15 м.

Регистрация потоков CH_4 сопровождалась измерением температуры воздуха и торфяной залежи, атмосферного давления и уровня болотных вод. В 2011 г. температура воздуха и торфяной залежи (на глубинах 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 см) определялась с помощью автоматического измерителя атмосферного давления и температуры воздуха HOBO Water level Logger U20-001-01 фирмы Onset corporation (USA), с 2012 г. — с использованием атмосферно-почвенного измерительного комплекса (АПИК), предназначенного для автоматической регистрации температуры торфа и накопления данных измерений за длительный период времени с шагом 1 час [17].

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета программ SigmaStat 12 Software. Различия средних значений потоков CH_4 и параметров окружающей среды, полученные за вегетационные периоды, были проверены с использованием непараметрического критерия (U -критерий Манна–Уитни). Связи потоков метана с параметрами окружающей среды были установлены с помощью корреляционного анализа.

Результаты измерений и их анализ

По данным ближайшей метеостанции «Томск» из архива ВНИГМИ-МЦД (www.meteo.ru/data), вегетационные периоды 2011–2014 гг. характеризовались контрастными гидротермическими условиями. Так, 2011 и 2013 гг. по количеству осадков (315 и 338 мм) и средней температуре (13,9 и 13,0 °С) за вегетационный период (май — сентябрь) были прохладными и влажными; 2012 и 2014 гг. наоборот были теплыми и засушливыми. Лето 2012 г. было аномально жарким, засушливым и безветренным, сумма осадков за вегетационный период составила 254 мм. Средняя температура за вегетационные сезоны 2012 и 2014 гг. была почти на 2 °С выше по сравнению с 2011 и 2013 гг. и составила 15,7 и 16,1 °С соответственно. Количество осадков в 2014 г. было примерно таким же, как и в 2012 г. (295 мм). Средняя продолжительность бесснежного периода в годы исследований изменялась от 192 до 213 дней [18]. Контрастность гидротермических условий вегетационных периодов отразилась на УБВ в исследуемом болоте. Самый низкий УБВ наблюдался в теплых и более засушливых 2012 и 2014 гг.

Он значимо ($P < 0,001$) отличался от такового в 2011 и 2013 гг., когда средний УБВ был выше на ~10–12 см (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения эмиссии CH_4 ($\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) с поверхности олиготрофного болота и УБВ (см) (над чертой – минимальное и максимальное значения, под чертой – среднее значение и стандартное отклонение)

Параметр	Год			
	2011	2012	2013	2014
Эмиссия	-0,07–1,56	-0,04–4,40	0,29–1,06	0,11–1,89
CH_4	$0,69 \pm 0,53$	$1,43 \pm 1,36$	$0,51 \pm 0,29$	$0,80 \pm 0,51$
УБВ	25,0–35,0	28,5–80,1	33,0–46,5	32,0–58,6
	$31,6 \pm 3,97$	$47,3 \pm 15,3$	$34,4 \pm 4,13$	$44,4 \pm 10,81$

В течение теплого сезона УБВ характеризовался стремительным падением от наиболее высоких значений в мае до максимально низких в июле-августе. Наиболее ярко такая динамика проявилась в засушливом 2012 г., когда уровень воды в торфянике с мая по август резко снизился с 16 до 80 см. В годы с большей влажностью УБВ был более стабильным и характеризовался меньшей амплитудой изменчивости. Как отмечено выше, исследуемое болото подвергается техногенному воздействию и подстилается песками с низкой водоудерживающей и фильтрационной способностью. Все это в совокупности должно приводить к изменению гидрологических условий. Вместе с тем, согласно нашим исследованиям, средний УБВ за период исследований составил 39,4 см ниже поверхности, что сопоставимо со значением на болотах, развивающихся в естественных условиях, без техногенного воздействия [12–14]. Отличительная особенность рассматриваемого торфяника – широкий диапазон изменчивости УБВ в течение сезона, чего не наблюдается на естественных торфяниках.

Температура торфяной залежи снижалась от поверхностных слоев к глубинным во все периоды исследований. При этом колебания температуры в верхних слоях (до 20 см) гораздо выше, чем в более глубоких (начиная с 30 см). В поверхностных слоях температура достигла наиболее высоких значений в 2012 и 2014 гг. (на 1,2–2,0 °C выше, чем в 2011 и 2013 гг.). Максимально торфяная залежь прогревалась к августу, в это время на глубине от 20 до 80 см регистрировались наиболее высокие температуры.

Эмиссия CH_4 на исследованном болоте характеризуется сильной изменчивостью (от -0,07 до 4,4 при среднем -0,87 $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$). Несмотря на низкий УБВ, в 97% случаев ее значения были положительными, сопоставимыми с уровнями эмиссий из аналогичных болот, не подверженных техногенному воздействию [3, 12–14]. Наши данные по эмиссии CH_4 также укладываются в диапазон значений 0,08–0,87 $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ эмиссии из нарушенных торфяников на юге Томской обл. [9]. Максимальная эмиссия CH_4 с поверхности болот (до 13,33 $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) наблюдалась в Москов-

ской обл. в период вегетации, несмотря на стабильно низкий УБВ [8].

Полученные данные показали, что наиболее высокая эмиссия CH_4 была в сухие и теплые вегетационные сезоны 2012 и 2014 гг., она в 1,7–3,3 раза превышала таковую в более сухие и прохладные вегетационные сезоны 2011 и 2013 гг. Но, несмотря на довольно значительную разницу между средними значениями потоков CH_4 в теплые и прохладные вегетационные сезоны, статистически значимая разница между ними отсутствует ($P = 0,184$).

В сезонной динамике эмиссии CH_4 отмечается летний максимум, пик которого приходится на конец лета (август). Наибольший контраст весенних и летних потоков CH_4 зарегистрирован в 2012 и 2014 гг., когда потоки в августе превысили потоки в мае в 2,5–4 раза. В 2013 г. сезонная динамика CH_4 имела более сглаженный характер, однако летние потоки также превышали весенние и осенние в 1,5 раза, но разница между этими данными не имела статистически значимых различий ($P = 0,115$).

Из литературных данных известно, что скорость эмиссии CH_4 – это результат двух противоположно направленных процессов: продукции и окисления микроорганизмами внутри торфяной залежи, которые, в свою очередь, зависят от различных факторов, таких как температура воздуха и почвы, УБВ, количество и качество субстрата в почве и др. [19]. Результаты наших исследований свидетельствуют, что в качестве наилучшего предиктора сезонной изменчивости эмиссии CH_4 выступает температура торфяной залежи (рис. 1).

Корреляционный анализ показал существование зависимости эмиссии CH_4 от температуры торфа на различных глубинах торфяной залежи, при этом линейная корреляция с температурой верхнего слоя (глубина 10 см) была систематически слабее, чем с температурой более глубоких слоев, находящихся ниже среднего за сезон УБВ. В 2013 и 2014 гг. максимальный коэффициент детерминации был получен при использовании среднемесячных температур торфа на глубине 40 и 80 см соответственно; в 2011 и 2012 гг. – на глубинах 20–80 см. Коэффициент детерминации для линейной связи с температурой варьируется в диапазоне 48–73%. Однако при использовании экспоненциальной функции зависимости потока от температуры торфяных слоев коэффициент детерминации регрессионного соотношения выше, 81–95% (рис. 1, б).

Экспоненциальная зависимость интенсивности потока от температуры торфа показывает лучшие результаты по сравнению с линейной зависимостью во все годы исследований. В 2011 и 2012 гг. наиболее тесная корреляция потока с температурой была обнаружена на глубине 20 и 40 см, а в 2013 и 2014 гг. – на глубине 60 и 80 см. Особенности погодных условий 2011 и 2012 гг. (холодное начало лета и низкий УБВ) привели к тому, что глубинные слои торфа слабо прогрелись в начале лета. Температура торфа в 2012 г. была самой низкой за весь период наблюдений и достигла 7 °C только

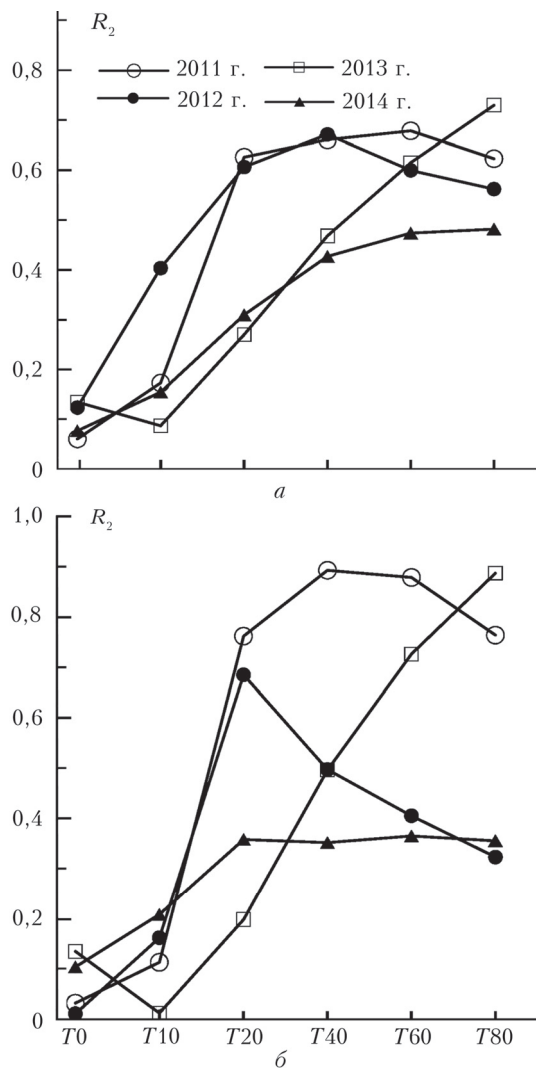


Рис. 1. Коэффициент детерминации (R^2) между потоками CH_4 и температурой торфяной залежи на глубинах 0–80 см в 2011–2014 гг.: а – линейная зависимость; б – экспоненциальная зависимость

в конце августа, что приблизительно на месяц позже, чем в остальные годы. Полученные зависимости с высокими коэффициентами детерминации указывают на важность продукции CH_4 в хорошо прогретых слоях торфяной залежи, где суточные изменения температуры не столь значительны, как у поверхности. И, возможно, в слое торфа на глубине 20–80 см была сосредоточена наибольшая активность метаногенных микроорганизмов, а температура этого слоя представляет собой среднее температурное условие, наиболее благоприятное для метаногенеза.

Выявленные зависимости между температурой торфяной залежи и интенсивностью потоков CH_4 были использованы для оценки суммарного потока CH_4 за вегетационный период. По регрессионным соотношениям (рис. 2) и средним суточным данным о температуре почвы рассчитывались суточные значения потоков CH_4 , которые суммировались за все дни вегетационного периода (с 1 мая по 1 октября).

Суммарный поток CH_4 отличается в разные годы (табл. 2).

Таблица 2

Средняя температура почвы на глубинах 10–80 см (T_{10-T80} , °C), средний поток CH_4 за сезон (F , $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) и суммарная эмиссия CH_4 (S , $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$) за теплый период при использовании температуры торфяной залежи в качестве управляющего параметра

Параметр	Год			
	2011	2012	2013	2014
T_0	11,84	11,69	10,85	12,15
T_{10}	8,48	8,16	8,93	10,29
T_{20}	7,62	7,45	7,92	8,01
T_{40}	6,07	5,90	6,67	6,45
T_{60}	4,93	4,77	5,85	5,79
T_{80}	4,37	4,18	5,21	5,33
F	$0,69 \pm 0,29$	$0,80 \pm 0,75$	$0,52 \pm 0,45$	$0,27 \pm 0,23$
S	2,53	2,94	1,91	0,99

Максимальный суммарный поток CH_4 за сезон наблюдался в 2012 г. и составил $2,94 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$,

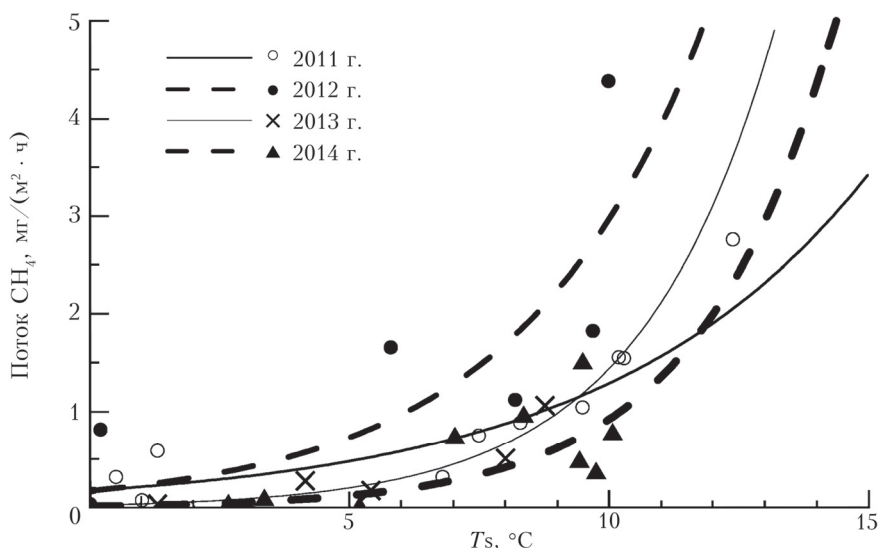


Рис. 2. Зависимость потока CH_4 в разные годы от температуры торфа: $F(2011) = 0,1807\exp(0,2T_{40})$, $R^2 = 0,89$; $F(2012) = 0,1788\exp(0,28T_{20})$, $R^2 = 0,69$; $F(2013) = 0,0302\exp(0,39T_{80})$, $R^2 = 0,89$; $F(2014) = 0,0185\exp(0,39T_{60})$, $R^2 = 0,37$

а минимальная суммарная эмиссия CH_4 $0,99 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ получена в 2014 г. Эти значения потоков CH_4 немного ниже наблюдаемых в рядах на неосушенных болотных массивах [13, 14].

Заключение

Полученные данные по эмиссии CH_4 достаточно репрезентативны и охватывают многолетний период исследований, что предполагает более объективный взгляд на изменчивость потока CH_4 в теплый период года с поверхности нарушенного болота. Относительно низкий уровень УБВ должен способствовать окислению CH_4 , однако наши данные показали, что, несмотря на это, имеет место эмиссия CH_4 . Временная изменчивость потоков CH_4 в течение вегетационного периода определяется в первую очередь температурой торфяной залежи. Полученные регрессионные зависимости между эмиссией CH_4 и температурой торфа указывают на важность продукции CH_4 болотами, подвергающимися техногенному воздействию. В настоящее время из-за недостаточного количества полевых наблюдений мы еще не знаем, как климат в будущем повлияет на потоки CH_4 в водно-болотных угодьях [20]. Поэтому при проведении комплексного климато-экологического мониторинга с целью оценки вклада парниковых газов, производимых болотными экосистемами, в глобальное изменение климата необходим более детальный контроль эмиссий из болот CH_4 , подверженных техногенному воздействию. В конечном итоге такой подход поможет разрешить многие противоречия в оценках эмиссий метана из болот подобного типа.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№ 075-15-2021-934).

1. Бажин Н.М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6, № 3. С. 52–57.
2. Ciais P., Sabine C. Carbon and Other Biogeochemical Cycles // Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner [et al.] (eds.) Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 570 p.
3. Глаголев М.В., Смагин А.В. Количественная оценка эмиссии метана болотами: от почвенного профиля – до региона (к 15-летию исследованию в Томской области) // Докл. по экологическому почвоведению. 2006. Т. 3, № 3. С. 75–114.
4. Калужный И.Л., Лавров С.А., Решетников А.И., Парамонова Н.Н., Привалов В.И. Эмиссия метана на олиготрофном болоте массиве северо-запада России // Метеорол. и гидрол. 2009. № 1. С. 53–67.
5. Mikhaylov O.A., Miglovtsev M.N., Zagirova S.V. Vertical methane fluxes in mesooligotrophic boreal peatland in European Northeast Russia // Contemp. Probl. Ecol. 2015. V. 83, N 8. P. 365–375.
6. Meng L., Roulet N., Zhuang Q., Christensen T.R., Frohling S. Focus on the impact of climate change on

- wetland ecosystems and carbon dynamics // Environ. Res. Lett. 2016. V. 10, N 11. P. 100201.
7. Вомперский С.Э., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Смагина М.В. 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. нац. конф. с межд. участием. Пушино. 2000. С. 83.
 8. Чистотин М.В., Сирин А.А., Дулов Л.Е. Сезонная динамика эмиссии углекислого газа и метана при осушении болота в Московской области для добычи торфа и сельскохозяйственного использования // Агрохимия. 2006. № 6. С. 54–62.
 9. Глаголев М.В., Чистотин М.В., Шнырев Н.А., Сирин А.А. Летне-осенняя эмиссия диоксида углерода и метана осушенными торфяниками, измеренными при хозяйственном использовании, и естественными болотами (на примере участка Томской области) // Агрохимия. 2008. № 5. С. 46–58.
 10. Ojanen P., Minkkinen K., Penttillä T. The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands // Ecol. Manage. 2013. V. 289. P. 201–208.
 11. Sabrekov A.F., Runkle B.R.K., Glagolev M.V., Kleptsova I.E., Maksyutov S.S. Seasonal variability as a source of uncertainty in the West Siberian regional CH_4 flux upscaling // Environ. Res. Lett. 2014. V. 9. P. 045008. DOI: 10.1088/1748-9326/9/4/045008.
 12. Veretennikova E.E., Dyukarev E.A. Diurnal variations in methane emissions from West Siberia peatlands in summer // Rus. Meteorol. Hydrol. 2017. V. 42, N 5. P. 319–326 DOI: 10.3103/S1068373917050077.
 13. Veretennikova E.E., Dyukarev E.A. Comparison of methane fluxes of open and forested bogs of the southern taiga zone of Western Siberia // Boreal Environ. Res. 2021. V. 26. P. 43–59. DOI: 10.5281/zenodo.4718848.
 14. Дьячкова А.В., Давыдов Д.К., Фофанов А.В., Краснов О.А., Головацкая Е.А., Симоненков Д.В., Накаята Т., Максюттов Ш.Ш. Влияние аномальных факторов среды на эмиссию метана на Бакчарском болоте в районе пос. Плотниково летом 2018 г. // Оптика атмосф. и океана. 2019. Т. 32, № 6. С. 482–489.
 15. Дюкарев А.Г., Полозова Н.Н. Водный режим почв в зоне влияния Томского водозабора // Вестн. Том. гос. ун-та. 2009. № 324. С. 363–371.
 16. Pavelka M., Acosta M., Kiese R., Altimir N., Brämmer C., Crill P., Darenova E., Fuss R., Gielen B., Graf A., Klemmedtsson L., Lohila A., Longdoz B., Lindroth A., Nilsson M., Jiménez S.M., Merbold L., Montagnani L., Peichl M., Pihlatie M., Pumpanen J., Ortiz P., Silvennoinen H., Skiba U., Vestin P., Weslien P., Dalibor H., Kutsch W. Standardization of chamber technique for CO_2 , N_2O and CH_4 fluxes measurements from terrestrial ecosystems // Int. Agrophys. 2018. V. 32. P. 569–587. DOI: 10.1515/intag-2017-0045.
 17. Kiselev M.V., Voropay N.N., Dyukarev E.A., Kurakov S.A., Kurakova P.S., Makeev E.A. Automatic meteorological measuring systems for microclimate monitoring // IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci. 2018. V. 190. P. 012031. DOI: 10.1088/1755-1315/190/1/012031.
 18. Kiselev M.V., Dyukarev E.A., Voropay N.N. The temperature characteristics of biological active period of

- the peat soils of Bakchar swamp. In: IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science. 2017. V. 107. P. 012032. DOI: 10.1088/1755-1315/107/1/012032.
19. *Lai D.Y.F., Moore T.R., Roulet N.T.* Spatial and temporal variations of methane flux measured by autochambers in a temperate ombrotrophic peatland // J. Geophys. Res.: Biogosci. 2014. V. 119. P. 864–880. DOI: 10.1002/2013JG002410.
20. *Hu Q.W., Wu Q., Yao B., Xu X.L.* Ecosystem respiration and its components from a *Carex* meadow of Poyang Lake during the drawdown period // Atmos. Environ. 2015. V. 100. P. 124–132.

E.E. Veretennikova, E.A. Dyukarev, I.V. Kuryina. **Temporal variability of methane emission from a raised bog in Western Siberia.**

The data on the seasonal variability of CH₄ fluxes from an oligotrophic anthropogenically disturbed bog in Western Siberia (south of the Tomsk region) are analyzed. Methane fluxes were measured using the close static chamber method. The results show a strong variation in CH₄ (from –0.07 to 4.40 mg · m⁻² h⁻¹). The total CH₄ flux from the bog surface varied from 0.99 to 2.94 g · m⁻² depending on the growing season. The seasonal dynamics of CH₄ fluxes are characterized by a summer maximum and are closely related to the peat temperature. The use of an exponential function of the peat temperature at different depths explains 81–95% of the variability of the CH₄ flux. In general, our data show the importance of studying the CH₄ emission from the surface of bog ecosystems under the anthropogenic load. Comprehensive monitoring will make it possible to clarify the contribution of Western Siberian bogs of this type to the global climate change.