

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
Институт лесоведения РАН, Москва
Университет Орлеана (Франция)
Национальный исследовательский Томский государственный университет

УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В КОНТЕКСТЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**МАТЕРИАЛЫ
Международной конференции
(Ханты-Мансийск, 19–29 июня 2017 г.)**

*Под редакцией
проф., д-ра биол. наук Е.Д. Лапшиной,
канд. биол. наук Н.П. Миронычевой-Токаревой*

Томск
2017

ЮЖНАЯ ТУНДРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОЦЕНКИ ПОТОКОВ МЕТАНА И ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА

SOUTHERN TUNDRA OF WESTERN SIBERIA: ESTIMATES FOR THE METHANE FLUXES AND SOIL CARBON STOCK

Л.Л. Голубятников¹, Е.А. Заров², И.М. Латыш², С.В. Лойко³, Г.И. Истигечев³

L.L. Golubyatnikov¹, E.A. Zarov², I.M. Latysh², S.V. Loyko³, G.I. Istigechev³

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

³Томский государственный университет, Томск, Россия

golub@ifaran.ru

Для корректных региональных оценок эмиссии парниковых газов и запасов биогенных элементов в почвах на основе точечных данных требуются данные не только о площадях различных типов экосистем изучаемой территории, но и соотношение площадей слагающих их микроландшафтов, в пределах которых не изменяются характеристики растительного и почвенного покровов. Так, например, обобщения экспериментальных оценок эмиссии метана и углекислого газа из тундровых экосистем высоких широт Северного полушария (Карелин, Замолотчиков, 2008; Наумов, 2009) указывают на существенное отличие интенсивностей потоков этих газов в атмосферу из разных микроландшафтов экосистем. Ландшафтная структура экосистем южной тундры Западной Сибири была нами проанализирована на основе спутниковых снимков и данных полевых исследований. Были использованы спутниковые снимки с космических аппаратов Landsat-8 и WorldView-2. Снимок спутника среднего разрешения Landsat-8 (30 м/пиксел) охватывал участок площадью около 30 тыс. км² южной тундры рассматриваемого региона, снимок спутника сверхвысокого разрешения WorldView-2 (0.5 м/пиксел для монохроматического и 2 м/пиксел для спектральных каналов) охватывал ключевой участок площадью 40 км². Методика дешифрирования снимков и выделения классов ландшафтов земной поверхности проводилось с помощью программного пакета GRASS 6.4.3 и описана (Golubyatnikov et al., 2015). Анализ снимка Landsat-8 позволил выделить 11 классов тундровых ландшафтов (Каппа-индекс проведенной классификации равен 85%). Выделенные по снимку Landsat-8 тундровые ландшафты были проанализированы на более детальном изображении ключевого участка, полученном со спутника WorldView-2. Этот анализ с привлечением данных полевых наблюдений позволил выделить 19 классов земной поверхности (микроландшафтов). Водные экосистемы рассматриваемого ключевого участка подразделены на глубоководную часть, мелководную часть с разреженным надводным растительным покровом и внутриболотные озерки. Выделены так же микроландшафты на суходолах и сухих хасыреях (5 типов), на болотных возвышениях (2 типа), на мочажинах (4 типа) и на обводненных мочажинах (5 типов). Сопоставление выделенных классов ландшафтов по снимкам Landsat-8 с типами микроландшафтов для территории снимков WorldView-2 позволило определить доли рассматриваемых микроландшафтов в каждом ландшафтном классе. На основе этих данных были вычислены площади каждого микроландшафта на рассматриваемом снимке спутника Landsat-8. Согласно результатам анализа спутниковых данных, заболоченность исследуемого района южной тундры составляет около 34%. Полученная оценка заболоченности территории превосходит значение, рассчитанное на основе типологической карты болот (Романова, 1977). Экосистемы на минеральных почвах (суходолах) достаточно широко распространены в исследуемом регионе. По полученным оценкам они занимают около 43% территории южной тундры. Согласно нашим оценкам, озера занимают около 12% территории южной тундры. При этом площадь зеркала воды глубоководной ча-

сти озер составляет около 59% площади озер, площадь мелководной части – 41%. Из этих оценок следует, что озера южной тундры Западной Сибири имеют достаточно значительную мелководную зону (согласно выводам авторов работы Bastviken et al. (2004) мелководная прибрежная зона озер занимает не более 15% их площади). Проведенное исследование показало, что незначительная часть (около 7%) заболоченной территории тундры занята такими торфяными возвышениями как бугры и валики.

Полевые исследования проводились в июне-августе 2010, 2013-2016 годов на ключевых участках Ярнето (67°22'N, 78°37'E), Ясавей (67°35'N, 78°91'E), Газ-Сале (67°21'N, 78°42'E) южной тундры Ямало-Ненецкого автономного округа. В ходе полевых исследований на ключевом участке Ярнето на всех микроландшафтах, выявленных при анализе космических снимков, проводились как измерения потоков метана в атмосферу, так и отбор почвенных образцов из горизонтов деятельного слоя и из подстиляющего мерзлого слоя. Измерения потоков метана проводились методом статических камер (использовались пластиковые камеры размером 30x40x40 см со светоотражающим покрытием). Анализ концентрации метана в отобранных пробах проводился на хроматографе «Кристалл-5000.2», оснащенном пламенно-ионизационным детектором. Анализ содержания углерода в почвенных образцах проведен на элементном анализаторе «EuroVector EA-3000».

В ходе полевых исследований были отобраны почвенные колонки на глубину оттаивания и из подстиляющего (верхнего) мерзлого слоя для анализа на содержание органического углерода в почвенных горизонтах и для определения плотности почв. Образцы почвенных горизонтов были отобраны из 84 разрезов расположенных в различных микроландшафтах ключевого участка. Анализ образцов почв показал, что для плотностей минеральных почв суходолов характерны следующие диапазоны изменений: для глеевых почв – от 0.64 до 1.14 г/см³, для подбуров – от 1.07 до 1.27 г/см³. Значения плотности торфяных мерзлотных почв заболоченных экосистем изменяются от 0.03 до 0.77 г/см³. Содержание углерода в торфяных горизонтах деятельного слоя исследованных почв составляет 41-53%, в минеральных – 0.4-2%. Полученные результаты указывают, что распределение углерода в почвенном профиле деятельного слоя тундровых почв может иметь два максимума в верхней части профиля и в нижней. Верхний максимум приходится на органогенные горизонты. Нижний максимум содержания углерода, по всей видимости, обусловлен надмерзлотным накоплением органического вещества в результате процессов криотурбации и ретинизации. Согласно нашим расчетам, в современном деятельном слое почвенного покрова суходолов рассматриваемого региона содержится до 10.6 кг/м² органического углерода. В современном деятельном слое почв болотных ландшафтов содержание органического углерода составляет 5.7 – 22.2 кг/м². В подстиляющем мерзлом слое почвенного покрова рассматриваемых болотных ландшафтов содержание органического углерода изменяется от 5.0 до 15.9 кг/м².

На основе полученных результатов полевых исследований можно заключить, что в летний период для торфяных возвышений заболоченных тундровых экосистем характерны удельные потоки метана в диапазоне от -0.13 до 0.14 мгCH₄/м²/ч, для понижений (мочажин) в болотных ландшафтах удельные потоки метана изменяются от -1.20 до 6.06 мгCH₄/м²/ч, для внутриболотных озерков характерны удельные потоки метана в диапазоне от 0.34 до 3.47 мгCH₄/м²/ч. Отрицательные значения потоков указывают на поглощение экосистемами атмосферного метана. Из полученных результатов следует, что наиболее интенсивными источниками метана в заболоченных экосистемах являются обводненные мочажины. Исследования потоков метана были проведены и на суходольных экосистемах с минеральной почвой. Измерения проводились в различных микроландшафтах тундровых суходолов. Для суходольных экосистем тундры характерны удельные потоки метана в диапазоне от -1.16 до 0.43 мгCH₄/м²/ч. Из полученных результатов следует, что для тундровых суходолов в летний

период характерны в основном отрицательные потоки метана. С поверхности исследованных тундровых озёр значения потока метана в атмосферу изменялись от 0.02 до 18.25 мгСН₄/м²/ч. Анализ минерализованности и кислотности воды исследованных озёр указывают на неблагоприятные условия для существования микроорганизмов, окисляющих метан в водной толще этих озёр, что согласуется с ранее полученными нами результатами (Golubyatnikov, Kazantsev, 2013). Процесс образования метана в озёрах не прекращается и в зимний период, когда озёра покрыты льдом. Образующийся в подледный период метан накапливается в воде водоема, частично вмерзает в лед. Во время весеннего таяния льда на озёрах происходит выброс вмерзшего в лед и скопившегося за зиму подледного метана. Нами были проведены исследования по оценке весеннего выброса в атмосферу метана из озёр тундровой зоны. В 2015 и 2016 годах в различных точках двух озёр и на различных глубинах были отобраны пробы льда и воды перед началом таяния льда и сразу после его исчезновения. Содержание метана в каждом образце определялось методом хэдспэйс. Полученные оценки показывают, что кратковременный выброс метана при таянии льда на исследованных озёрах составляет 10-40% от эмиссии метана из озёр этого региона за тёплый период.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 14-05-00193_а, 16-54-16005_НЦНИЛ_а, 16-07-01205_а), Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Комплексные исследования по актуальным проблемам наук о Земле».

1. Карелин Д.В., Замолотчиков Д.Г. Углеродный обмен в криогенных экосистемах. Москва: Наука. 2008. 344 с.
2. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2009. 208 с.
3. Романова Е.А., Быбина Р.Т., Голицына Е.Ф., Иванова Г.М., Усова Л.И., Трушникова Л.Г. Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины. Масштаб 1:2 500 000. Ленинград: ГУГК. 1977.
4. Bastviken D., Cole J., Pace M., Tranvik L. Methane emissions from lakes: dependence of lake characteristics, two regional assessments and a global estimate. *Global Biogeochem. Cycles*. 2004. V.18, GB4009.
5. Golubyatnikov L.L., Kazantsev V.S. Contribution of tundra lakes in western Siberia to the atmospheric methane budget. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2013. Vol. 49, 4, pp. 395-403.
6. Golubyatnikov L.L., Zarov E.A., Kazantsev V.S., Filippov I.V., Gavrilov G.O. Analysis of landscape structure in the tundra zone for western Siberia based on satellite data. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2015. V.51, 9, pp. 969-978.