

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

# **ЗАПАДНО-СИБИРСКИЕ ТОРФЯНИКИ И ЦИКЛ УГЛЕРОДА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ**

## **МАТЕРИАЛЫ**

**Пятого международного полевого симпозиума  
(Ханты-Мансийск, 19–29 июня 2017 г.)**

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2017

## ГИДРОХИМИЯ ПОЧВЕННЫХ ВОД МЕРЗЛЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ HYDROCHEMISTRY OF SOIL WATER OF WESTERN SIBERIAN PEAT FROZEN BOGS

*С.В. Лойко, Т.В. Раудина, И.В. Крицков, А.Г. Лим*  
*S.V. Loyko, T.V. Raudina, I.V. Krickov, A.G. Lim*

Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
лаборатория BIO-GEO-CLIM  
E-mail: s.loyko@yandex.ru

В условиях ограниченного вклада грунтовых вод в формирование стока рек криолитозоны, болотные системы выступают доминирующим стокоформирующим элементом ландшафта, определяя гидрохимические параметры озёр и рек и, тем самым, оказывая непосредственное влияние и на бассейн Карского моря. Соответственно можно предполагать, что при ожидаемом и уже наблюдаемом потеплении климата, мерзлые болота, обладающие ограниченным по мощности деятельным слоем и высокими запасами углерода, будут

наиболее чувствительными к потеплению климата компонентами ландшафта. При этом почвенные воды, являющиеся связующим звеном между потоками вещества в реках и процессами, происходящими в междуречных ландшафтах, выступают чутким индикатором любых биогеохимических трансформаций. Однако химический состав болотных вод изучен в большей степени в ее немерзлотной части [Расказов, 2005; Савичев, 2015; Савичев и др., 2016; и др.], информации касающейся гидрохимии вод торфяных мерзлотных почв Западной Сибири

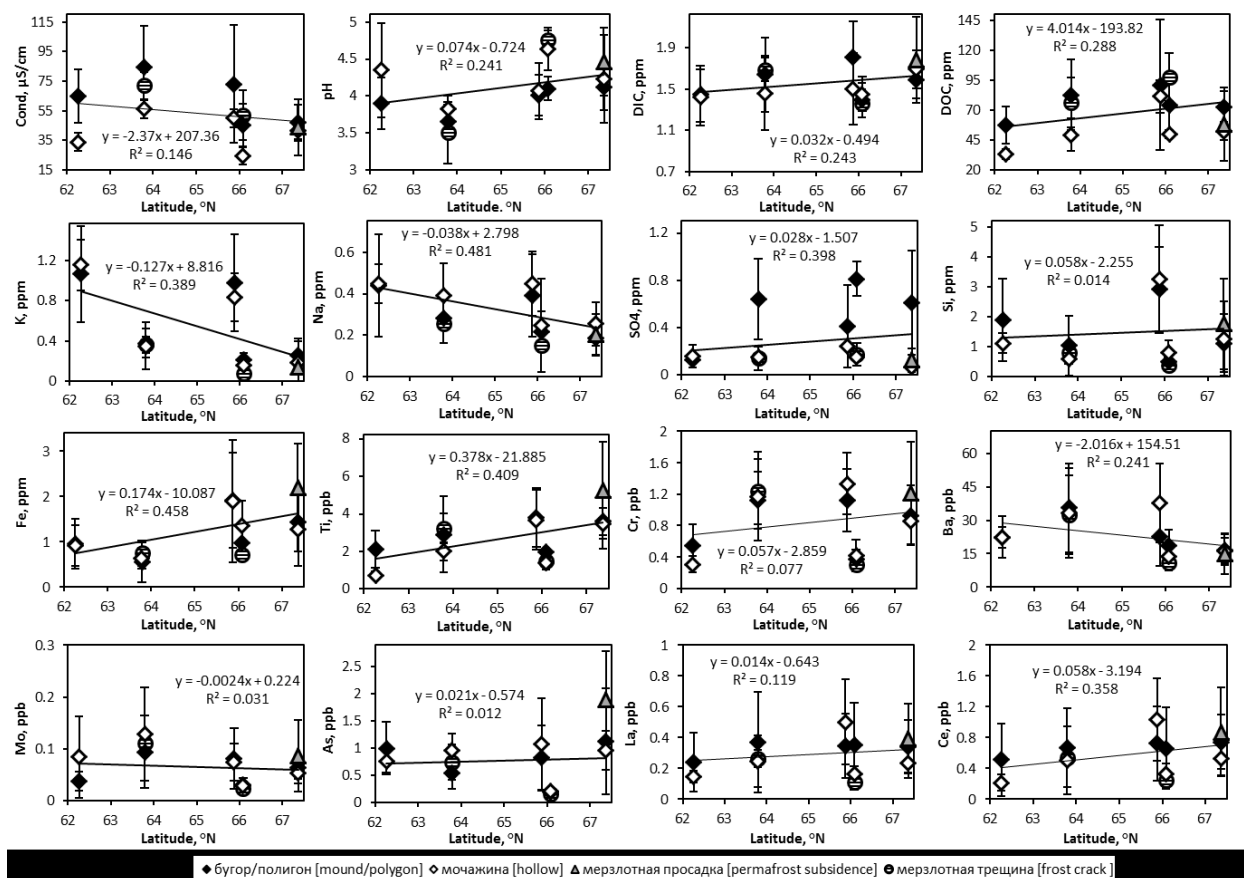


Рис. 1. Средние значения ( $M \pm SD$ ) концентраций элементов и химических параметров, не показывающих широтный тренд или он незначителен ( $R^2 < 0,5$ ).

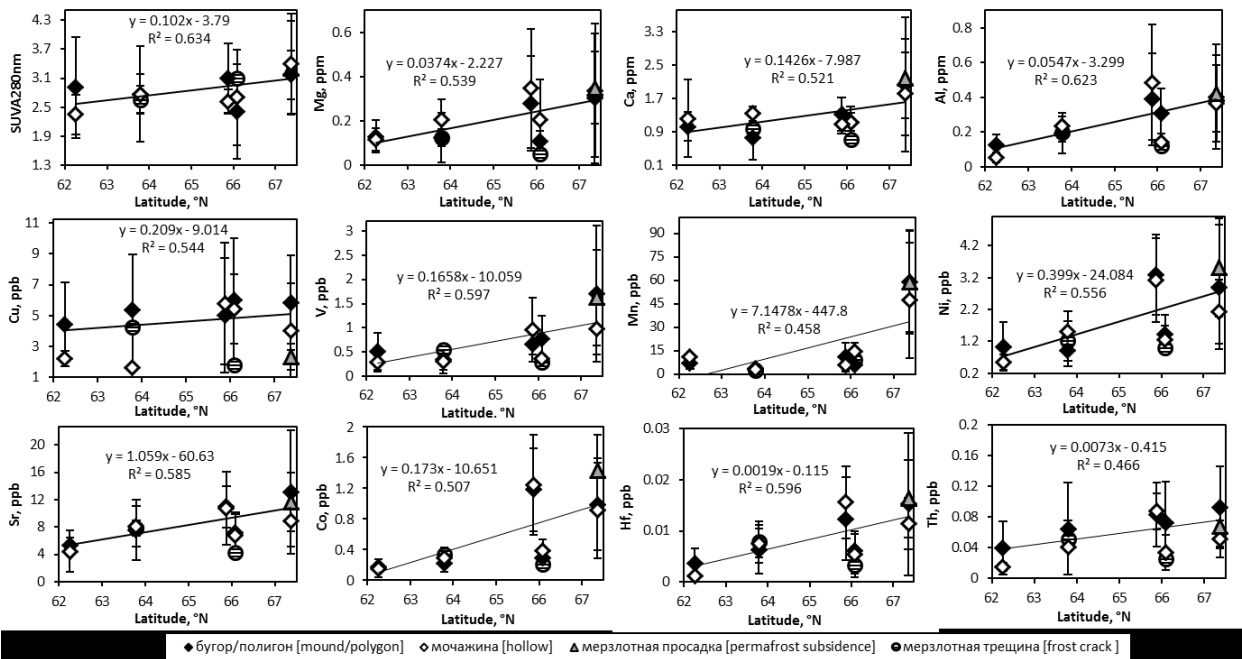


Рис. 2. Средние значения ( $M \pm SD$ ) концентраций элементов, показывающих четкий тренд устойчивого возрастания концентраций к северу ( $0,45 < R^2 < 0,62$ ,  $p < 0,05$ ).

недостаточно. Поэтому по перечисленным выше причинам почвенные воды были выбраны в качестве объекта исследований, а целью работы явилось выявление закономерностей распределения химического состава вод торфяных почв мерзлых болот криолитозоны Западной Сибири вдоль широтного мерзлотного градиента.

Южные точки исследований приурочены к талым олиготрофным болотам таежной зоны (КУ «Когалым»), а самые северные располагаются на полигональных болотах тундровой зоны (КУ «Тазовский»). Три других участка заложены на мерзлых бугристых болотах северной тайги (КУ «Ханымей») и лесотундры (КУ «Пангоды» и «Уренгой»). Таким образом, территория исследований представляет 640-км широтную трансекту в пределах тундры, лесотундры и северной тайги. Отбор проб на ключевых участках проводился также с учётом основных форм болотного микрорельефа: выпуклые (гряды, бугры, полигоны) и вогнутые (просадки, мочажины, трещины) поверхности.

Для получения образцов почвенных вод из торфяных олиготрофных почв (талых или мерзлотных) был использован метод вакуумной фильтрации (45/50 – 75 кПа) с использованием керамических свечей (поры 2 мкм), на глубинах  $30 \pm 15$  см от поверхности почвы различных

болотных микрорельефов. Более подробно методика отбора, хранения и описание использованных методов анализа химических параметров и элементного состава почвенных вод представлены в опубликованной ранее работе [Раудина и др., 2016].

Для выявления широтных трендов концентраций элементов в почвенных водах был использован статистический критерий (Mann – Whitney U-test), который показал различия в концентрациях элементов между ландшафтами и ключевыми участками. Широтный тренды аппроксимировали линейной регрессией как без разделения соответственно формам болотного микрорельефа, так и индивидуально для мочажин, и бугров/полигонов. Для РОУ и некоторых элементов (Ca, K, Al, Si, Fe) выявлена четкая разница ( $p < 0,05$ ) в концентрациях между различными ключевыми участками. Попарное сравнение ключевых участков по содержанию элементов в разных болотных ландшафтах показало, что наиболее сильно участки различаются по концентрациям элементов в растворах мочажин. Так, почвенные воды мочажин самого южного участка (Когалым) статистически отличны (при  $p < 0,05$ ) по РОУ, Ca, K, Al, Si, Ni, Cu, Sr, Rb от мочажин участков Ханымей, Пангоды, Уренгой и Тазовский. РОУ, Ca, Fe и Sr оказались наиболее чувствительны

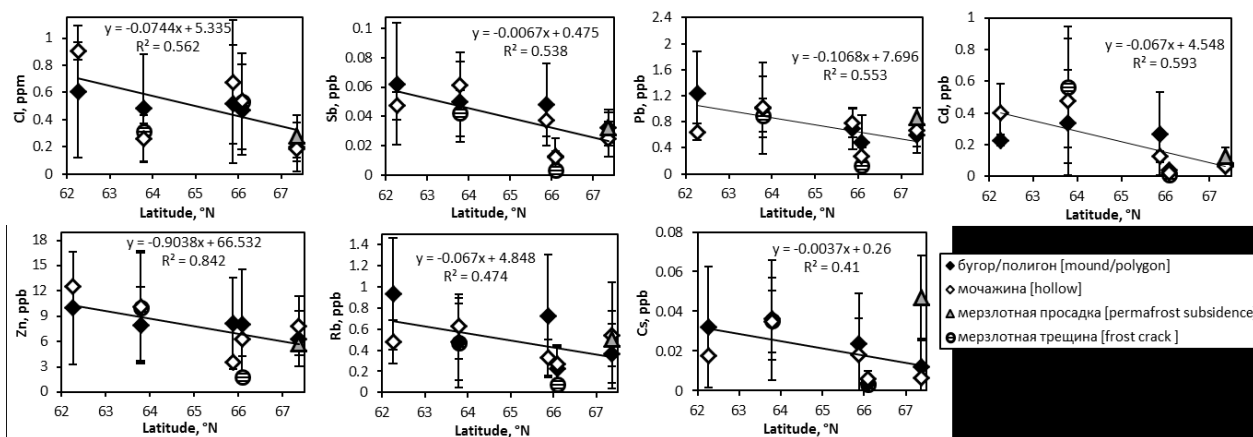


Рис. 3. Средние значения ( $M \pm SD$ ) концентраций элементов, демонстрирующих тренд уменьшения к северу ( $0,48 < R^2 < 0,84$ ).

к широте места пробоотбора вне зависимости от типа микроландшафта. Общий широтный тренд средних концентраций элементов вне зависимости от формы болотного микрорельефа показал для большинства основных компонентов, включая POУ, отсутствие систематической тенденции увеличения или уменьшения средних концентраций в пределах 640-км широтного профиля. Наибольший локальный максимум концентраций POУ в почвенных водах торфяных бугров пришёлся на участки «Ханымей» и «Уренгой». В целом полученные широтные тренды можно объединить в три группы:

1. Электропроводность, рН, РНУ, РОУ, К, Na, SO<sub>4</sub>, Si, Fe, Ti, Cr, Ba, Mo, As, легкие РЗЭ (La, Ce), W, и U не показали статистически значимой тенденции ( $R^2 < 0,5$ ) или она была в пределах неопределенности (Рис. 1);

2. Четкий тренд устойчивого возрастания концентраций к северу ( $0,45 < R^2 < 0,62$ ,  $p < 0,05$ ) для SUVA<sub>280</sub>, Mg, Ca, Al, Cu, V, Mn, Ni, Sr, тяжелые РЗЭ, Zr, Hf, Th. Отмечается общее увеличение их содержания от зон спорадической до сплошной вечной мерзлоты в 2–5 раз, что представлено на рисунке 2;

3. Cl, Sb, Pb, Cd, Zn, Rb, и Cs продемонстрировали тренд уменьшения к северу ( $0,48 < R^2 < 0,84$ ) (Рис. 3).

Для некоторых элементов отсутствовала какая-либо тенденция между 62° и 66,5° с.ш. с последующим увеличением ( $p < 0,05$ ) между 66° и 67,5° с.ш.: Ca, Mn, Co, V и As. Наиболее выраженный тренд роста концентраций элементов в северном направлении наблюдался на буграх/полигонах для Al ( $R^2=0,91$ ), Sr ( $R^2=0,69$ ), Zr ( $R^2=0,57$ ), Ce ( $R^2=0,76$ ), Hf ( $R^2=0,68$ ), Th ( $R^2=0,92$ ), а в мочажинах/просадках был менее выражен или даже отсутствовал (при  $R^2 < 0,5$ ). Тенденция к уменьшению концентраций элементов к северу также была выражена для Na, Cl, Rb, Cs и Pb на буграх/полигонах. Таким образом, полученные результаты показали, что состав почвенных вод различен. Он варьирует как в пределах определенного болотного микроландшафта, так и вдоль изученного широтного мерзлотного градиента Западной Сибири. При этом многие макро- (Ca, Mg, Fe) и микроэлементы (Al, Mn, Ti, Ni, Sr, Ga, Co, РЗЭ, Zr, Hf, Th) показали надёжный тренд увеличения концентраций к северу.

1. Рассказов Н.М. Основные особенности химического состава болотных вод (на примере юго-востока Западной Сибири). - Томск: Известия ТПУ, 2005. - Т. 308. № 4. - С. 55–58.
2. Раудина Т.В., Лойко С.В., Крицков И.В., Лим А.Г. Сравнение состава почвенных вод мерзлых болот Западной Сибири, полученных различными методами // Вестник Томского государственного университета. Биология. - 2016. - № 3 (35). - С. 26–42.
3. Савичев О.Г. Геохимические показатели болотных вод в таежной зоне Западной Сибири // Изв. РАН. Сер. геогр. - 2015. - № 4. - С. 47–57.
4. Савичев О.Г., Мазуров А.К., Семилетов И.П., Базанов В.А., Гусева Н.В., Хвашевская А.А., Наливайко Н.Г. Гидрогеохимические условия формирования олиготрофных болотных экосистем // Изв. РАН. Сер. геогр. - 2016. - № 5. - С. 60–69.