

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Новосибирский государственный аграрный университет
Общество почвоведов имени В.В. Докучаева
Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»

**III КОВАЛЕВСКИЕ
МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ**

**«ПОЧВА – РЕСУРС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ»**

**Материалы Всероссийской
научной конференции**

26–30 сентября 2016 г., г. Новосибирск

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2016

17. Сысо А.И. Российские гигиенические нормативы экологической оценки почв, их научная обоснованность и проблемы использования // Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии : труды IX Международной биогеохимической школы. Барнаул, 2015. Т. 1. С. 39–42.
18. Водяницкий Ю.Н. Концепция гибкого подхода к оценке ориентировочно допустимой концентрации тяжелых металлов и металлоидов в почве // Бюл. Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 67. С. 49–66.
19. Околелова А.А., Минкина Т.М., Мерзлякова А.С., Кожевникова В.П. Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 465–479.

ELEMENTAL CHEMICAL ANALYSIS OF SOIL – BASIC MISTAKES AND ERRORS

Lebedeva M.A., Syromlya T.I.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk,
MarinaMyadelets@yandex.ru

Summary. Considered mistakes and errors common with the elemental chemical analysis of soil and lead to a significant distortion of the results.

Keywords: soil; chemical elements; determination; regulation.

УДК 631.47

DOI: 10.17223/9785946215640/44

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, N, K, P, Ca, Al и Fe В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПЛОСКОБУГРИСТОГО МЕРЗЛОГО БОЛОТА БАССЕЙНА РЕКИ ПЯКУПУР (СЕВЕРНАЯ ТАЙГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)*

**С.В. Лойко, Т.В. Раудина, А.Г. Лим, И.В. Крицков,
И.И. Волкова, Л.Г. Колесниченко, Г.И. Истигечев**

Томский государственный университет, Томск, s.loyko@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются результаты изучения содержания органического углерода, N, K, P, Ca, Al и Fe в торфяной залежи плоскобугристого болота мощностью 1 м. Описан ботанический состав торфа. Выявлена хорошая корреляция между степенью разложения торфа и яркостью сухого

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 16-54-16005 НЦНИЛ_а).

торфа, измеренной в цветовой модели CIE L*a*b*. Показано, что концентрации углерода и азота в торфе достоверно выше в нижней (мерзлой) половине торфяной залежи. Отмечено увеличение концентрации K, P, Ca, Al и Fe в верхней талой части залежи при больших коэффициентах вариации (кроме Ca), чем в нижней, мерзлой половине.

Ключевые слова: мерзлые плоскобугристые болота; Западная Сибирь; углерод; почвы.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к оценке воздействия наблюдаемых изменений климата на различные компоненты ландшафтов и потоки химических элементов в них. Как известно, наибольшее потепление ожидается в северных регионах планеты, что в условиях распространения многолетней мерзлоты приведёт к существенной трансформации экосистем. Для ландшафтов криолитозоны Западной Сибири характерна большая площадь мерзлых болот. Их торфяная залежь в условиях ограниченного участия грунтовых вод в зоне многолетнемерзлых пород играет решающую роль в формировании элементного состава органических и органоминеральных коллоидов водоёмов, дренирующих болотные массивы [1]. При дальнейшем потеплении будет увеличиваться объём деятельного слоя болот, что приведёт к увеличению роли торфяной залежи в формировании гидрохимических параметров поверхностных вод заболоченных водосборов. В связи с этим становится актуальной оценка содержания, форм и запасов химических элементов в торфяных залежах мерзлых болот.

Цель исследования: определить содержание органического углерода, N, K, P, Ca, Al, Fe в торфяной залежи типичного плоскобугристого мерзлого болота в северной тайге Западной Сибири.

Объектами исследования послужили торфяные залежи мерзлых плоскобугристых болот северной тайги Западной Сибири. Образцы торфов и подстилающих отложений отбирали в двух аналогичных точках, приуроченных в микрорельефе к межмочажинным повышенным частям мерзлых болот (плоские бугры). Расстояние между точками отбора около 2 км. Почвы в местах отбора диагностированы как торфяные олиготрофные остаточно-мезотрофные мерзлотные по КПП 2004 / Dystric Epifibric Endohemic Cryic Histosols по WRB 2014. Растительность представлена мохово-кустарничково-лишайниковыми сообществами.

1. Скважина СК14-4 (координаты: 63°47'50"; 75°33'22"). Нанорельеф: склон бугорка. Образцы отобраны из керна, полученного пу-

тём механизированного бурения. Шаг отбора составлял 5 см, либо меньше, в случае контрастного ботанического состава. Мощность торфа 1 м. Мерзлота с 43 см. К концу сентября деятельный слой может увеличиться ещё на 15–20 см. Анализ элементного состава проведён во всем керне, имеющем глубину 140 см.

Торфяная колонка подстилается средне-крупнозернистыми песками с незначительной примесью пылеватых и илистых фракций (до 5–6%). Среднее содержание углерода в подстилающих минеральных горизонтах составляет 1,65% с колебаниями от 0,03% (гор. Е), до 4,6% в бывшем гор. ВН.

2. Скважина СК14-2 (координаты: 63°47'22"; 75°35'30"). Нанорельеф: просадка между мелкими бугорками. Мощность торфа 87 см. Мерзлота с 70 см. Анализ проведён в образцах из талой толщи, отобранных на глубинах 0–10; 20–30; 40–50; 50–65; 65–80 см.

Территория исследований характеризуется довольно монотонным строением песчаных отложений, подстилающих мерзлые болота, что связано с историей их формирования и существенной переветанностью в позднем плейстоцене [2]. Торфонакопление на исследуемой территории началось в результате автохтонного заболачивания обширного плоского междуречья, влияние натечных вод отсутствовало на всех этапах развития торфяной залежи. Из-за этого в период активного торфонакопления междуречные болота имели схожий режим трофности, что вызвало формирование торфа близкого ботанического состава на значительных территориях междуречий бассейна Пура. Как отмечено в [3], повсеместно в торфяной залежи преобладают осоковые, осоково-гипновые, сфагновые и гипновые виды торфов с большой примесью в верхнем слое вересковых кустарничков, а в нижележащих слоях – древесных остатков, хвоща, местами вахты, шейхцерии, пушицы. Степень разложения по всей толще залежи изменяется в пределах 5–30%, в придонном слое местами достигает 35–50%. Изложенное позволяет предположить репрезентативность полученных данных.

Методы исследования. В образцах была определена потеря при прокаливании термогравиметрическим методом. Окраску торфа определяли на спектрофотометре X-Rite VS450 в цветовой модели CIE L*a*b*. Концентрация азота и углерода в образцах торфа была изменена путём Cu–O каталитического сжигания при 900°C с $\leq 0,5\%$ точностью к стандарту (прибор Thermo Flash 2000 CN Analyzer). Эlemen-

ты в торфе измерены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS (Agilent 7500 ce).

Результаты и обсуждение. Ниже рассмотрим данные анализов скважины СК14-4. Степень разложения торфа увеличивается от верхней части торфяной залежи к нижней с 5–10 до 10–20% в пределах глубин 40–60 см, а глубже – до 30–45%. Результаты анализа ботанического состава торфа показали, что залежь в основном состоит из сфагновых мхов, лишайников, кустарничков, зеленых мхов, древесины сосны, а также коры сосны и березы. Сфагнумы и лишайники доминируют в диапазоне 0–40 см, лишайники и кустарнички преобладают на глубинах от 40 до 55 см, а лишайники и древесина деревьев присутствуют в диапазоне 60–100 см. На глубине 45–55 см встречены угольки, что свидетельствует о возможном выгорании части торфа. Наличие таких прослоев характерно для всех изученных торфяных почв рассматриваемой территории. В верхней и нижней частях залежи встречены песчаные частицы, которые могли появиться при развевании песка с берегов озёр, имеющих песчаное дно.

Результаты измерения окраски образцов торфа приведены на рис. 1. Видно, что к нижней части торфяной залежи окраска становится более гомогенной, уменьшается светлота (яркость) образцов. Коэффициент «+b» имеет большие величины (рис. 1, 3), чем «+a» (рис. 1, 2), а значит, преобладают желтые тона, торф бурой окраски, лишь на глубинах 5–10 см появляется красновато-коричневый торф. Была определена степень разложения образцов торфа. Оказалось, что этот полуколичественный (глазомерный) параметр хорошо коррелирует с величиной светлоты (рис. 1, 4), в связи с чем координату *C* можно использовать как косвенный параметр для экспресс-оценки степени разложения торфа. Более того, учитывая высокую степень субъективности в определении степени разложения, можно предположить и возможно большую величину R^2 в случае применения методов снижения субъективности, например при перекрестном определении степени разложения несколькими специалистами.

Величины потерь концентраций углерода и азота при прокаливании (ПП) приведены на рис. 2. От середины залежи ПП несколько уменьшается к верхней и нижней её частям, что связано с появлением песчаных зёрен. Несистематические вариации содержания углерода и азота наблюдались с глубиной по всему керну с пиком концентрации N около 80 см и резким уменьшением концентраций в минеральных

горизонтах. Наибольшие концентрации органического углерода наблюдаются у основания торфяной залежи. Концентрация азота в многолетнемерзлом торфе выше, чем в талом – $(1,00 \pm 0,21)$ и $(0,67 \pm 0,12)\%$ соответственно, разница значима при $p = 0,008$. Отношение C/N снижается с (72 ± 16) в 0–40 см талого слоя к (50 ± 10) в мерзлой части (40–100 см). В пределах нижней границы сезонно-талой толщи выявлено локальное увеличение концентрации N, а также почти двукратное уменьшение отношения C/N (рис. 2).

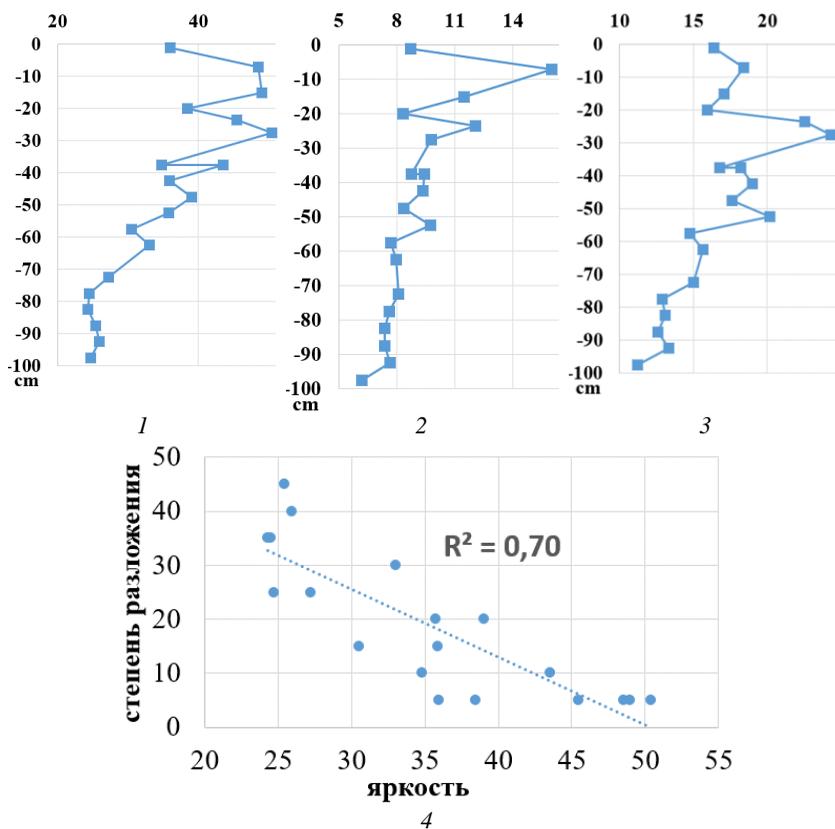


Рис. 1. Колористические параметры сухого торфа в цветовой модели CIE L*a*b* и связь со степенью разложения: 1 – светлота (координата C); 2 – координата +a; 3 – координата +b; 4 – связь между яркостью (координата C) и степенью разложения торфа

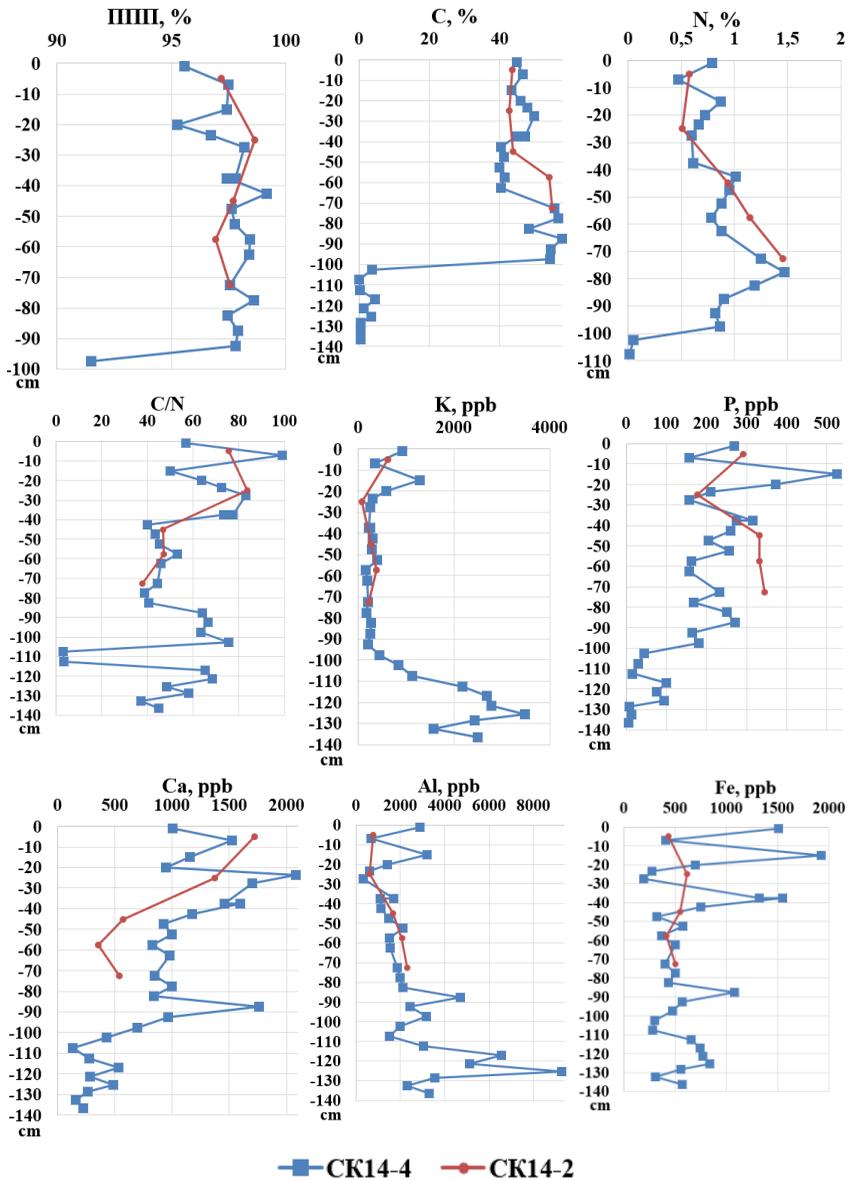


Рис. 2. Концентрации изученных элементов в торфяных залежах

Концентрации фосфора и калия в мерзлой и талой частях залежи существенно не отличаются (рис. 2). Наибольшая концентрация калия (и алюминия) приурочена к былому иллювиальному горизонту, что указывает на некоторое накопление в нём алюмосиликатов на этапах педогенеза, предшествовавших торфонакоплению. Наибольшие концентрации К, Р, Al и Fe приурочены к глубинам 15–20 см, а также к самому верхнему образцу. Это может быть связано как с биологической аккумуляцией, так и с ботаническим составом торфа, который здесь представлен лишайниковым типом.

Средние значения содержания элементов в талой части колонки выше, чем в мерзлой, для фосфора (282 и 208 ppm соответственно), калия (496 и 242 ppm), кальция (1403 и 1016 ppm) и железа (958 и 529 ppm). Для Al картина обратна, среднее его содержание в талой части составляет 1446, а в мерзлой 2196 ppm. Эти различия статистически достоверны. Талая часть торфяной залежи характеризуется большими коэффициентами вариации значений концентрации элементов, чем мерзлая: для алюминия 69 и 45%, фосфора 41 и 21%, калия 75 и 39%, кальция 26 и 8%, железа 66 и 40% соответственно. При подсчёте этих величин не учитывался придонный образец торфа.

Эти показатели характеризуют большую временную изменчивость условий торфонакопления при образовании верхних слоёв торфа, что связано с формированием криогенного нанорельефа, характеризующегося высокой пространственно-временной динамикой. В настоящее время вблизи скважины имеется много нанопросадок с замощением лишайником – динамика мельчайших форм рельефа продолжается до сих пор, способствуя формированию слоистых торфяных отложений.

Колонка сравнения СК14-2 показывает в целом аналогичные результаты и профильные кривые, за исключением фосфора, для которого характерны более высокие концентрации с глубин ниже 40 см, по сравнению с колонкой СК14-4.

Выводы. Проведенные исследования показали выраженные различия в элементном составе мерзлой и талой частей торфяной залежи плоскобугристого болота. В отличие от болот без многолетней мерзлоты, расположенных южнее, в изученных нами наблюдается в среднем большая концентрации Р, К, Са и Fe в верхней части торфяной

залежи, чем в нижней. Талые же болота характеризуются наличием тренда к уменьшению концентраций элементов к верхней части торфяной колонки [4]. Включение мерзлых слоёв торфа в деятельный слой при потеплении климата не должно привести к высвобождению дополнительных количеств P, K, Ca и Fe, так как их концентрации в мерзлых слоях плоскобугристых болот ниже, чем в вышележащих талых.

Литература

1. Pokrovsky O.S., Manasyrov R.M., Loiko S.V., Shirokova L.S. Organic and organo-mineral colloids in discontinuous permafrost zone // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2016. Vol. 188. P. 1–20.
2. Velichko A.A., Timireva S.N., Kremenetski K.V., MacDonald G.M., Smith L.C. West Siberian Plain as a late glacial desert // *Quaternary International*. Vol. 237, № 1–2. P. 45–53.
3. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под ред. С.М. Новикова. СПб. : ВВМ, 2009. 536 с.
4. Stepanova V.A., Pokrovsky O.S., Viers J., Mironycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P., Vishnyakova E.K. Elemental composition of peat profiles in western Siberia: Effect of the micro-landscape, latitude position and permafrost coverage // *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 53. P. 53–70.

THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF ORGANIC CARBON, N, K, P, CA, AL AND FE IN THE PEAT DEPOSITS OF THE FLAT FROST MOUND BOGS BASSIN RIVER PIAKOPUR (NORTEN TAIGA WESTERN SIBIREA)

Loyko S.V., Raudina T.V., Lim A.G., Kritckov I.V., Volkova I.I., Kolesnichenko L.G., Istigechev G.I.

Tomsk State University, Tomsk, s.loyko@yandex.ru

Summary. The content and distribution of organic carbon, N, K, P, Ca, Al and Fe in the peat deposits of the flat frost mound bogs with capacity of 1 meter was reviewed. The botanical composition of the peat was described. A good correlation between the decomposition degree of peat and the dry peat brightness measured in the color model CIE L * a * b * was identified. It was shown that the carbon and nitrogen concentration in the peat were significantly higher in the lower (frozen) half of peat deposits. It was noted the increasing of K, P, Ca, Al and Fe concentrations in the top part of the melt peat deposits with large values of the variation than in the lower frozen half.

Keywords: flat frost mound bogs; Western Siberia; carbon; soil.