

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

ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ ТОРФА

ISOTOPIC ANALYSIS OF PEAT

Ветрова О.В., Головацкая Е.А., Мелков В.Н., Симонова Г.В.
Vetrova O.V., Golovatskaya E.A., Melkov V.N., Simonova G.V.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия
Institute of monitoring of climatic and ecological system SB RAS, Tomsk, Russia
galina_simonova@inbox.ru

Исследован изотопный состав углерода торфов двух торфяных разрезов олиготрофно-го болота Бакчарское. Результаты исследования позволили выявить увеличение тяжелого изотопа углерода ^{13}C в исследуемых образцах, залегающих на глубинах 150–180 см в торфяной залежи Разреза 1 и на глубинах 100–140 см в торфяной залежи Разреза 2.

Ключевые слова: торф, изотопы углерода, изотопное фракционирование.

In this study, we investigated the carbon isotopic composition of peats in two peat profiles of oligotrophic bog Bakcharskoe. Results of this investigation revealed increasing of the heavy carbon isotope ^{13}C in the samples at a depth of 150–180 cm in peat deposit of profile 1 and at a depth of 100–140 cm in peat deposit of profile 2.

Key words: peat, carbon isotopes, isotope fractionation.

Радиоактивные и стабильные изотопы считаются очень эффективным инструментом изучения физических и биологических аспектов функционирования глобальной экосистемы. Они применяются в различных исследованиях окружающей среды, охватывая все уровни исследований. Взаимосвязь между изотопным составом биогенных элементов в окружающей среде и изотопным составом тех же элементов в органических и неорганических составляющих флоры и фауны вызывает повышенный интерес к исследованию изотопного соотношения элементов. Углерод является одним из главных биогенных элементов и представлен на Земле радиоактивным изотопом углеродом ^{14}C с периодом полураспада $T_{1/2}=5730$ лет и двумя стабильными изотопами: ^{12}C , доля которого в природе составляет 98,93 % и ^{13}C (1,10%). Среднее соотношение тяжелого изотопа к более легкому в масштабах планеты составляет 0,011237. Однако, в природе, в зависимости от особенностей материала и свойств факторов среды, при которых функционирует этот материал, наблюдаются отклонения от этого среднего показателя, что и используется в исследованиях.

^{14}C образуется в верхних слоях атмосферы под воздействием космических лучей из азота и окисляется, превращается в углекислый газ. Фотосинтезирующие растения усваивают углекислый газ, при этом происходит фракционирование изотопов углерода. Оно связано с тем, что разность масс, отнесенная к массовому номеру между изотопами углерода в этом случае достаточно велика, что вызывает различные кинетические скорости реакций из-за различия масс. Например, фотосинтез приводит к значительному обогащению легким изотопом ^{12}C . Поскольку изотопное фракционирование углерода зависит от условий протекания химических реакций, в первую очередь от температуры, то такие исследования актуальны при исследовании палеоклимата.

Изотопный состав углерода рассчитывается по формуле [1]:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{обр}} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{стан.}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{стан.}}} \cdot 1000$$

Величина $\delta^{13}\text{C}$ означает отклонение в промилле [‰] образца от стандарта.

После смерти биологических объектов углерод частично возвращается в атмосферу и гидросферу, частично захороняется. Углерод, законсервированный в целлюлозе торфа, является основой радиоуглеродного датирования. Измерив содержание ^{14}C в “законсервированном образце” и оценив содержание ^{14}C в атмосфере в момент консервации, можно вычислить прошедшее после нее время, т. е. определить радиоуглеродный возраст образца. В настоящее время такая оценка содержания ^{14}C в атмосфере и гидросфере выполнена путем изучения датированных методом дендрохронологии образцов древесины. В соответствии с международным соглашением радиоуглеродный возраст рассчитывается с приведенным значением $\delta^{13}\text{C}$ к норме для древесины -25 ‰. Однако в разных природных образцах фракционирование изотопов углерода происходит по-разному. Разница в массе между ^{12}C и ^{13}C составляет 1 *е. а. м.*, а между ^{12}C и ^{14}C — 2 *е. а. м.*, изотопное фракционирование ^{14}C относительно ^{12}C примерно в два раза больше, чем ^{13}C относительно ^{12}C . Изотопное фракционирование подразумевает, что радиоуглеродный возраст образцов с тем же календарным возрастом, но разными значениями $\delta^{13}\text{C}$ окажется тоже различным, с отклонением в 16 лет на каждый 1 ‰ $\delta^{13}\text{C}$. Поэтому необходимо учитывать изотопное фракционирование $\delta^{13}\text{C}$ в исследуемом образце и вводить поправку на измеренное значение содержания углерода ^{14}C по формуле [2]:

$$^{14}\text{C}_{\text{попр.}} = ^{14}\text{C}_{\text{изм.}} [1 - 2 (\delta^{13}\text{C} + 25) / 1000],$$

где $^{14}\text{C}_{\text{изм.}}$ — измеренное значение ^{14}C ; $^{14}\text{C}_{\text{попр.}}$ — содержание углерода, поправленное на изотопное фракционирование; коэффициент 2 учитывает удвоение изотопного фракционирования для ^{14}C по сравнению с ^{12}C .

Методы. В данной работе исследуется изотопный состав углерода в гуминовых кислотах и целлюлозе торфов для двух торфяных разрезов олиготрофного болота Бакчарское (Бакчарский район Томская область). Мощность торфяной залежи Разреза 1 достигает 230 см, Разреза 2—300 см. Согласно [3, 4], начало торфообразования Разреза 1 и Разреза 2 датируется возрастом 2480 ± 80 ВР (радиоуглеродных лет) и 4770 ± 80 ВР, соответственно. Расстояние между исследуемыми разрезами составляет около 20 м, тем не менее они существенно отличаются друг от друга по времени начала торфообразования, скорости торфонакопления, имеют различный ботанический состав, степень разложения торфа, содержание общего углерода и азота и др. [3, 4].

Предварительно образцы торфа с разных глубин были высушены, измельчены и разделены на фракции целлюлозы и ГК классическим методом [5]. Радиоуглеродный анализ был осуществлен жидкостно-сцинтилляционным методом с помощью спектрометра-радиометра Quantulus (ТомЦКП СО РАН). Определение стабильных изотопов углерода было проведено методом изотопной масс-спектрометрии на масс-спектрометрическом комплексе (ТомЦКП СО РАН). Целлюлоза и ГК массой 500 мкг помещались в оловянные капсулы, и в результате сжигания в окислительно-восстановительном реакторе элементного анализатора Flach 2000 превращались в газ CO_2 . Выделившийся CO_2 анализировался с помощью изотопного масс-спектрометра DELTA V Advantage. Изотопный состав измерялся относительно стандартного газа, который

был прокалиброван по стандарту целлюлозы IAEA-CH-3 (МАГАТЭ). Погрешность измерения не превысила $\pm 0,1\%$.

Результаты и обсуждение. Результаты измерения изотопного фракционирования углерода в целлюлозе и ГК торфов показали, что наблюдается увеличение содержания $\delta^{13}\text{C}$ в целлюлозе и ГК торфов Разреза 1, залегающих на глубине 150–180 см (рис. 1). Обогащение ^{13}C может возникнуть в результате повышения температуры окружающей среды, что стимулирует метаболические процессы в растениях, в результате чего больше тяжелых изотопов ^{13}C поглощается растениями во время фотосинтеза. Несмотря на близость расположения исследуемых торфяных разрезов полученные данные по содержанию $\delta^{13}\text{C}$ существенно отличаются (рис. 1), что по-видимому связано не только с климатическими условиями развития торфяных залежей, которые были для них одинаковы, но и в первую очередь с растительностью, гидрологическим режимом и т. д.

Сравнение изотопного состава $\delta^{13}\text{C}$ в ГК и целлюлозе торфов показало, что для торфяной залежи Разреза 1 наблюдаются близкие значения $\delta^{13}\text{C}$ по всей глубине (разница составляет в среднем $0,23\%$). В торфяной залежи Разреза 2 по разнице между значениями $\delta^{13}\text{C}$ в ГК и целлюлозе выделяется 2 горизонта (рис. 1): слой 170–290 см с близкими значениями $\delta^{13}\text{C}$ в ГК и целлюлозе и слой 0–160 см в котором среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ в целлюлозе на $2,5\%$ выше чем в ГК.

Таким образом, получено распределение $\delta^{13}\text{C}$ в ГК и целлюлозе для двух торфяных разрезов олиготрофного болота, выявлены различия в процессах обогащения/обеднения тяжелым изотопом углерода в исследуемых торфяных разрезах связанные с особенностями развития исследуемых торфяных залежей. Для качественной интерпретации полученных данных необходимо привлекать данные по стратиграфии торфяных залежей, радиоуглеродному датированию, скорости торфообразования, химическому составу торфа и т. д.

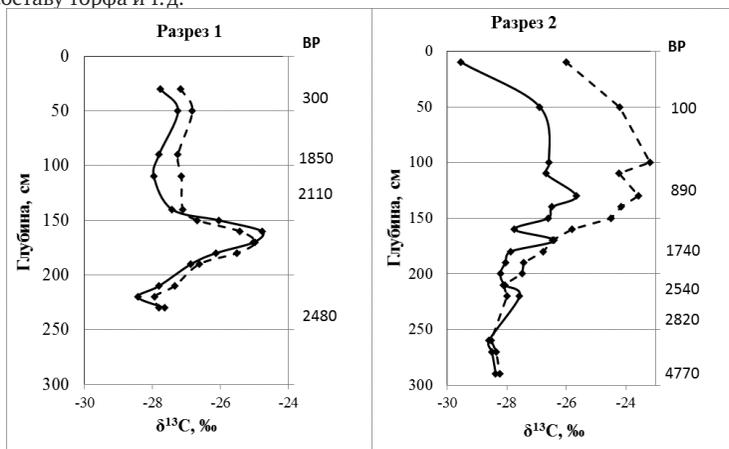


Рис. 1. Изотопный состав углерода в ГК и целлюлозе торфов олиготрофного болота Бакчарское (сплошная линия — ГК; штриховая линия — целлюлоза), ВР — возраст (радиоуглеродных лет.), согласно [3, 4]

Литература

1. Лебедев А. Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. Москва: Техносфера. 2013. 632 с.
2. Вагнер Г. А. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. Москва: Техносфера. 2006. 576 с.
3. Головацкая Е. А. Скорость аккумуляции углерода олиготрофными болотами южно-таежной подзоны Западной Сибири//Материалы Третьей Всероссийской научной конференции «Динамика современных экосистем в голоцене». Казань. Изд-во «Отечество» 2013. С. 133–137.
4. Веретенникова Е. Э., Курьина И. В. Эволюция грядово-мочажинного комплекса южно-таежной подзоны Западной Сибири//География и природные ресурсы, 2014, № 2, с. 91–99.
5. Hu S., Zhehg G. Variations in radiocarbon ages of various organic fractions in core sediments from Erhai Lake. S. W. China//Geochemical Journal. V.37. 2003, pp. 135–144.